

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉVOLUTION DES BASES NEUROBIOLOGIQUES DE L'EMPATHIE COGNITIVE
DANS LE VIEILLISSEMENT : APPORT DE L'IMAGERIE OPTIQUE PROCHE
INFRAROUGE

THÈSE PRÉSENTÉE COMME EXIGENCE PARTIELLE AU
DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR
VALÉRIE LECLUSE

OCTOBRE 2016

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.03-2015). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

L'idée d'entreprendre des études doctorales n'a pas été facile. Après un accident de voiture qui m'a presque coûté la vie, un traumatisme crânien, un séjour aux soins intensifs puis en réadaptation, j'ai longtemps crains être incapable de poursuivre mes études. C'est grâce à une équipe de soins remarquables à l'Hôpital Sacré-Cœur puis à l'Hôpital Juif de Réadaptation que je me suis rétablie si rapidement. Je dois toutefois ma persévérance, ma motivation et mon inspiration pour la reprise de mes études et pour la neuropsychologie au neuropsychologue Sylvain Miljours qui m'a suivie pendant ce séjour. Mon parcours doctoral a certes été long et je me suis souvent questionnée à savoir si j'allais réellement mener ce projet à terme. Néanmoins, malgré les doutes qui m'ont parfois brouillé l'esprit, j'étais déterminée à mener l'expérience jusqu'au bout, mais je n'y serais jamais parvenue sans l'appui des personnes qui m'ont accompagnée tout au long de cette aventure.

J'aimerais d'abord remercier mon directeur de thèse, Peter Scherzer, de même que mon co-directeur, Yves Joanette, pour leur inspiration ainsi que leur soutien tout au long du cheminement que fût mon parcours doctoral. Ils ont toujours su me diriger vers la bonne voie lorsque je me sentais découragée face aux obstacles qui se dressaient devant moi et qui me semblaient insurmontables. Une simple discussion suffisait parfois pour renouveler ma motivation et ma confiance. Je tiens également à remercier tous ceux qui m'ont appuyée pendant la longue étape de l'élaboration de mon devis expérimental. Je remercie entre autres Karima Kahlaoui pour sa grande disponibilité lors de ce processus, son expertise et ses précieux conseils, de même que Mathieu Desrosiers et Alexis Machado qui m'ont donné leur appui pour l'étape de l'extraction

et du filtrage des données d'imagerie optique. Je remercie aussi Clotilde de Groot qui m'a aidée pour la collecte de données et qui m'a offert son amitié depuis le début de mon parcours doctoral. Merci Clotilde pour ta grande générosité, ta disponibilité et ta simplicité d'esprit. Je remercie également Jean-Sébastien Provost qui a été une personne ressource indispensable pour mener mon projet à terme. Jean-Sébastien, merci pour tes connaissances statistiques et ton œil critique sur un sujet qui ne t'était pourtant pas si familier. Nos rencontres et nos discussions m'ont toujours motivée à continuer et à pousser mon raisonnement plus loin. Je dois également remercier Francine Giroux ainsi que Jean Bégin pour leur appui en matière d'analyses statistiques. Leur vision des statistiques et leurs explications claires ont toujours pu m'aider à mettre de l'ordre dans mes données pour en dégager un fil conducteur. Un gros merci aussi à Julie Audy, d'abord pour avoir si aimablement accepté de réviser ma thèse en vue d'y apporter les corrections nécessaires pour la qualité de la langue écrite, mais aussi pour son amitié tout au long de ce long parcours.

Je dois ensuite remercier mes superviseurs cliniques qui m'ont transmis, chacun à leur manière, leur passion pour l'évaluation neuropsychologique. Je remercie d'abord Isabelle Rouleau du Centre de Services Psychologiques de l'UQAM qui m'a transmis une richesse de connaissances par sa passion pour l'évaluation neuropsychologique des personnes âgées et des syndromes démentiels. Je remercie également David Fontaine, Rachel Green et Nathalie Désormeaux de l'Institut Universitaire en Santé Mentale Douglas qui m'ont démystifié l'évaluation neuropsychologique dans le monde de la psychiatrie et qui m'ont permis d'approfondir mes connaissances cliniques. Enfin, je suis reconnaissante envers Élane de Guise qui m'a si humainement guidée à travers mon internat auprès des patients souffrant d'un traumatisme crânien à l'Hôpital Général de Montréal. Élane m'a donné la confiance dont j'avais besoin pour voler de mes propres ailes et devenir une clinicienne

autonome. J'ai aussi par la suite eu le plaisir de travailler aux côtés d'Élaine en tant que collègue et cette expérience fût d'une richesse incomparable.

Je tiens également à remercier certaines personnes que j'ai côtoyées lors de mon baccalauréat qui m'ont transmis leur passion pour la recherche scientifique et qui m'ont motivée par le fait même à poursuivre mes études aux cycles supérieurs. Je pense entre autres à David Mumby, Hugo Lehmann et Norman O'Brien. Je pense également à Walter Marcantoni qui enseignait alors le cours de neuropsychologie et qui m'a inspirée le choix de mon directeur de thèse.

Finalement, ce travail n'aurait jamais été possible sans l'appui des personnes qui me sont les plus chères. Je remercie mes parents et leur conjoint respectif, Louise et Gilles ainsi que John et Elyse, pour leurs encouragements et leur soutien à travers les années. Je remercie tout spécialement ma mère qui par sa compassion, son altruisme, son empathie, sa dévotion, son ouverture d'esprit et son amour inconditionnel m'a montré le chemin de la vie et qui a en quelque sorte motivé le choix du sujet pour mon projet de recherche doctoral. Elle m'a épaulée à travers ces longues années et m'a toujours donné le désir de persévérer. Maman, tu as été et tu es un modèle exemplaire et j'espère seulement pouvoir offrir la même éducation à mes filles. Je remercie également mon frère, Julien, ainsi que son épouse, Xuan, pour leur soutien moral et la complicité que nous partageons.

Je suis reconnaissante envers mon conjoint, Régis, pour sa présence à mes côtés et sa façon de me ramener à la réalité quand j'ai l'impression que tout va de travers. Régis, tu es mon réconfort et je suis heureuse de t'avoir dans ma vie. Merci aussi à mes deux filles, Sophia et Chloé, ainsi qu'à ma belle-fille, Emmy-Rose, vous êtes mes anges, mes lumières et vous me permettez d'arrêter le temps afin de profiter du moment présent, ce dont j'ai réellement besoin afin de rester saine d'esprit!

Enfin, merci à mes amis et collègues, notamment mes collègues de l'Hôpital Général de Montréal et de la Clinique d'Évaluation et de réadaptation Cognitive (CERC), pour m'avoir accompagnée à travers cette aventure tout en partageant idées et réconfort. Je pense aussi à Ikram Methal qui a parcouru le doctorat à mes côtés. Enfin, un merci tout spécial pour mon amie d'enfance, Julie Kotacka, avec qui je partage mes joies et mes peines depuis toujours. Julie, merci pour ton écoute, ta franchise et ta générosité. Ta présence dans ma vie est source de réconfort, même si on ne parvient qu'à se voir quelques fois par années!

DÉDICACE

*À mes filles,
Les prunelles de mes yeux,
Mes joies de vivre.
Vous représentez la simplicité d'esprit et l'espoir de demain.
Et pour m'avoir gardé les deux pieds sur terre,
Pendant la rédaction de cette thèse,
Merci!*

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES FIGURES	xv
RÉSUMÉ	xviii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	4
RECENSION DES ÉCRITS.....	4
1.1 L'empathie	4
1.1.1 D'où vient l'empathie : l'empathie dans un contexte d'évolution.....	4
1.1.2 Qu'est-ce que l'empathie : Origines du terme et significations	7
1.1.3 Les composantes de l'empathie	9
1.1.4 Le développement de l'empathie	21
1.2 Vieillissement	24
1.2.1 Vieillissement cognitif.....	24
1.2.2 Vieillissement émotionnel	32
1.2.3 Réorganisation cérébrale et fonctions cognitives	33
1.2.4 Vieillissement et empathie cognitive.....	41
OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	45
CHAPITRE II	49
MÉTHODOLOGIE	49
2.1 Participants	49
2.2 Instruments	51
2.2.1 Questionnaires	51
2.2.2 Montreal Cognitive Assessment (MoCA)	53
2.2.3 Épreuves neuropsychologiques	53
2.2.4 Tâches expérimentales.....	62
2.3 Procédure	66

2.3.1 Pré-expérimentation.....	66
2.3.2 Déroulement de l'expérience	67
2.3.3 Protocole d'acquisition en imagerie optique	69
2.4 Analyse des données et statistiques	72
2.4.1 Analyse des données comportementales	72
2.4.2 Analyse des données d'imagerie optique	74
2.5 Considérations Éthiques	78
CHAPITRE III.....	79
RÉSULTATS.....	79
3.1 Résultats comportementaux.....	79
3.1.1 Données descriptives	79
3.1.2 Questionnaires	80
3.1.3 Tâches expérimentales.....	82
3.1.4 Épreuves Neuropsychologiques.....	83
3.1.5 Corrélations.....	90
3.2 Résultats Imagerie Optique.....	96
3.2.1 KDEF	96
3.2.2 RME.....	117
CHAPITRE IV.....	137
DISCUSSION.....	137
5.1 Tâches neuropsychologiques	139
5.2 Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF)	143
5.3 Tâche d'interprétation du regard (RME)	149
ANNEXES.....	159
ANNEXE A	160
Évaluation de la dominance manuelle de Edinburgh (Oldfield, 1971).....	160
ANNEXE B.....	161
Quotient Empathique ou Empathy Quotient (Baron-Cohen & Wheelwright, 2004).....	161
ANNEXE C.....	167
Indice de Réactivité Interpersonnelle (Davis, 1980).....	167

ANNEXE D	170
Test d'Interprétation du Regard-RME (Baron-Cohen et. al., 2001)	170
ANNEXE E.....	171
Karolinska Directed Emotional Faces-KDEF (Calvo & Lundqvist, 2008)	171
ANNEXE F	172
Formulaire de Consentement	172
ANNEXE G	179
Sommaire des analyses corrélationnelles réalisées	179
ANNEXE H	189
Latéralisation des activations	189
ANNEXE I	197
Latence d'activation maximale	197
RÉFÉRENCES	199

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	page
3.1.1 Données descriptives, scolarité et QI pour le groupe de personnes âgées ainsi que les jeunes adultes.....	80
3.1.2 Moyennes et (écarts-types) obtenus aux questionnaires d'empathie (<i>EQ</i> = Quotient Empathique, <i>EC</i> = souci empathique de l'IRI, <i>PT</i> = prise de perspective de l'IRI) pour les participants âgés et jeunes.....	81
3.1.3 Moyenne et (écarts-types) obtenus aux conditions positive (+) et négative (-) de l'épreuve <i>RME</i> et selon l'appréciation personnelle aux trois conditions de l'épreuve <i>KDEF</i> pour chaque groupe	83
3.1.4.1 Moyennes et (écarts-types) obtenus par chaque groupe aux épreuves évaluant les fonctions attentionnelles et la mémoire de travail	85
3.1.4.2 Moyennes ou et (écarts-types) obtenus par chaque groupe aux épreuves évaluant la vitesse de traitement de l'information.....	86
3.1.4.3 Moyennes et (écarts-types) obtenus par chaque groupe aux épreuves visuo-perceptuelles et visuo-constructives.....	87
3.1.4.4 Moyennes ou et (écarts-types) obtenus par chaque groupe aux épreuves évaluant les fonctions exécutives.....	89
3.1.5.1 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les résultats obtenus aux questionnaires d'empathie et aux épreuves neuropsychologiques, et expérimentales.....	94
3.1.5.2 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les résultats obtenus aux épreuves neuropsychologiques et à la tâche expérimentale <i>RME</i>	95
3.2.1.1.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant chacune des trois	

conditions (B1=négative; B2=neutre; B3=positive) de la tâche <i>KDEF</i> à la tâche contrôle pour HbO ²	100
3.2.1.1.1a Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO ² pour chaque paire sources-détecteurs (p1 à p8), chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1=négative; b2=neutre; b3=positive, c=contrôle) de la tâche <i>KDEF</i>	101
3.2.1.1.2 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant chacune des trois conditions (B1=négative; B2=neutre; B3=positive) de la tâche <i>KDEF</i> à la tâche contrôle pour HbR	103
3.2.1.1.2a Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour chaque paire sources-détecteurs (p1 à p8), chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1=négative; b2=neutre; b3=positive, c=contrôle) de la tâche <i>KDEF</i>	104
3.2.1.2.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les paires situées en région latérale de chaque hémisphère (2-3 vs 7-8) ainsi que celles situées en région médiane (1-4 vs 5-6) aux paires respectives de la tâche Contrôle pour chacune des conditions de la tâche <i>KDEF</i> (B1=négative; B2=neutre; B3=positive) pour HbO ²	107-108
3.2.1.2.2 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les paires situées en région latérale de chaque hémisphère (2-3 vs 7-8) ainsi que celles situées en région médiane (1-4 vs 5-6) à la tâche contrôle pour chacune des conditions de la tâche <i>KDEF</i> (B1=négative; B2=neutre; B3=positive) pour HbR	110
3.2.1.3.1 Résultats des ANOVA à mesure répétées comparant la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO ² lors des conditions négative (Bloc 1) et positive (Bloc 3) de la tâche <i>KDEF</i>	111
3.2.1.5.1 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les données comportementales (questionnaires et tâches expérimentales) et les activations HbO ² pour les conditions (b1=négative; b3=positive) de la tâche <i>KDEF</i> et les conditions (b1=positive; b2=négative) de la tâche <i>RME</i> pour les jeunes et les âgés	115

3.2.1.5.2 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les données comportementales relatives au QI, au QIP et à la condition négative de la tâche <i>RME</i> et les activations HbR pour la condition positive (b1) de la tâche <i>RME</i> chez les jeunes et la condition positive (b3) de la tâche <i>KDEF</i> chez les participants âgés.....	116
3.2.2.1.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant chacune des deux conditions (B1=positive; B2=négative) de la tâche <i>RME</i> à la tâche contrôle pour HbO ²	121
3.2.2.1.1a Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO ² pour chaque paire source-détecteur (p1 à p8), chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1= positive; b2= négative, c=contrôle) de la tâche <i>RME</i>	122
3.2.2.1.2 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant chacune des deux conditions (B1=positive; B2=négative) de la tâche <i>RME</i> à la tâche contrôle pour HbR.....	124
3.2.2.1.2a Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour chaque paire source-détecteur (p1 à p8), chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1= positive; b2= négative, c=contrôle) de la tâche <i>RME</i>	125
3.2.2.2.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les paires situées en région latérale de chaque hémisphère (2-3 vs 7-8) ainsi que celles situées en région médiane (1-4 vs 5-6) aux paires respectives de la tâche contrôle pour chacune des conditions de la tâche <i>RME</i> (B1=positive; B2=négative) pour HbO ²	127-128
3.2.2.2.2 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les paires situées en région latérale de chaque hémisphère (2-3 vs 7-8) ainsi que celles situées en région médiane (1-4 vs 5-6) aux paires respectives de la tâche contrôle pour chacune des conditions de la tâche <i>RME</i> (B1=positive; B2=négative) pour HbR.....	129-130
3.2.2.3.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les deux conditions de la tâche <i>RME</i> (B1 = positive, B2 = négative) pour la latence avant qu'une activation maximale de HbO ² soit atteinte.....	131
3.2.2.3.1a Moyenne et (écarts-type) pour chaque paire source-détecteur en fonction	

des différentes conditions de la tâche <i>RME</i> (Bloc1 = positive; Bloc2 = négative; Contrôle) pour la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO ²	132
7.1 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les résultats obtenus aux questionnaires d'empathie et aux épreuves neuropsychologiques, et expérimentales.....	180-182
7.2 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les résultats obtenus aux épreuves neuropsychologiques et à la tâche expérimentale <i>RME</i>	183-184
7.3 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les données comportementales (questionnaires et tâches expérimentales) et les activations HbO ² pour chacune des conditions (b1=négative; b3=positive) de la tâche <i>KDEF</i> et les conditions (b1=positive; b2=négative) de la tâche <i>RME</i> pour les jeunes et les âgés.....	185-186
7.4 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les données comportementales (questionnaires et tâches expérimentales) et les activations HbR pour chacune des conditions (b1=négative; b3=positive) de la tâche <i>KDEF</i> et les conditions (b1=positive; b2=négative) de la tâche <i>RME</i> pour les jeunes et les âgés.....	187-188
8.1 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO ² pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=négative; b2=neutre; b3=positive, c=contrôle) de la tâche <i>KDEF</i>	189
8.2 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=négative; b2=neutre; b3=positive, c=contrôle) de la tâche <i>KDEF</i>	191
8.3 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO ² pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=positive; b2=négative, c=contrôle) de la tâche <i>RME</i>	193
8.4 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=positive; b2=négative, c=contrôle) de la tâche <i>RME</i>	195
9.1 Moyenne et (écarts-types) pour chaque paire source-détecteur en fonction des	

différentes conditions de la tâche <i>KDEF</i> (B1=négative; B2=neutre; B3=positive; Contrôle) pour la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO ²	197
---	-----

LISTE DES FIGURES

Figure	page
1.1.1 Structures neuronales sollicitées par les différentes composantes nécessaires à l'expression adéquate et optimale de l'empathie (Decety, 2005).....	21
1.2.1 Moyenne (et écart-type) de la performance obtenue à 4 différentes tâches cognitives en fonction de l'âge (Salthouse, 2004).....	28
1.2.2 Résultats d'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) lors d'une tâche de rappel épisodique (Cabeza, 2002)	37
2.2.1 Devis expérimental pour la tâche RME ainsi que pour la tâche de référence (TR).....	64
2.2.2 Devis expérimental pour la tâche KDEF ainsi que pour la tâche de référence (TR).....	66
2.3.1 Emplacement des sources (rouge) et des détecteurs (vert) positionnés bilatéralement au niveau du cortex préfrontal tel qu'illustré à droite de l'image (Kahlaoui et al., 2012).....	71
3.2.1 Décours temporel moyen de HbO ² (1) et de HbR (2) pour les participants âgés et jeunes pendant les conditions négative (A), neutre (B), positive (C) et contrôle (D) de la tâche KDEF	97-99
3.2.1.1.1 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO ² pour chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1=négative; b2=neutre; b3=positive, c=contrôle) de la tâche KDEF.....	102
3.2.1.1.2 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1=négative; b2=neutre; b3=positive, c=contrôle) de la tâche KDEF.....	105

3.2.1.4 Données relatives à la latéralité hémisphérique pour HbO ² lors des conditions expérimentales (BLOC1 ou condition négative et BLOC3 ou condition positive) de la tâche <i>KDEF</i>	112
3.2.2 Décours temporel moyen de HbO ² (1) et de HbR (2) pour les participants âgés et jeunes pendant les conditions négative (A), positive (B), et contrôle (D) de la tâche <i>RME</i>	118-119
3.2.2.1.1 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO ² pour chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1= positive; b2= négative, c=contrôle) de la tâche <i>RME</i>	123
3.2.2.1.2 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1= positive; b2= négative, c=contrôle) de la tâche <i>RME</i>	126
3.2.2.3.1 Moyenne et (écarts-types) pour chaque paire source-détecteur en fonction des différentes conditions de la tâche <i>RME</i> (Bloc1=positive; Bloc2=négative) pour la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO ²	133
3.2.2.4 Données relatives à la latéralité hémisphérique pour HbO ² lors des conditions expérimentales (BLOC1 ou condition positive et BLOC2 ou condition négative) de la tâche <i>RME</i>	134
8.1 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO ² pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=négative; b2=neutre; b3=positive, c=contrôle) de la tâche <i>KDEF</i>	190
8.2 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=négative; b2=neutre; b3=positive, c=contrôle) de la tâche <i>KDEF</i>	192
8.3 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO ² pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=positive; b2=négative, c=contrôle) de la tâche <i>RME</i>	194
8.4 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour les paires latérales (2-	

3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=positive; b2=négative, c=contrôle) de la tâche <i>RME</i>	196
9.1 Moyenne et (écarts-types) pour chaque paire source-détecteur en fonction des différentes conditions de la tâche <i>KDEF</i> (Bloc1= négative; Bloc3 = positive) pour la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO ²	198

RÉSUMÉ

La plupart des études cherchant à identifier les structures neuronales responsables pour l'empathie utilisent les techniques d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) et s'accordent sur le fait que l'intégrité des lobes frontaux est importante pour l'expression optimale de l'empathie (Decety, 2005; Shamay-Tsoory, Tomer, Goldsher, Berger & Aharon-Peretz, 2004). Or, plusieurs changements s'opèrent au niveau des lobes frontaux lors du vieillissement, avec lesquels s'accompagne typiquement un déclin du fonctionnement cognitif (e.g. mémoire de travail, attention, inhibition, vitesse de traitement de l'information, etc.). Néanmoins, certaines études (Cabeza, 2002; Cabeza, Anderson, Locantore & McIntosh, 2002) ont mis en évidence un phénomène de réorganisation cérébrale par une diminution de l'asymétrie hémisphérique (*HAROLD*) qui surviendrait lors du vieillissement et qui permettrait à certaines personnes âgées de maintenir une performance cognitive optimale. Ce phénomène a d'ailleurs été observé à plusieurs tâches cognitives, notamment des tâches d'encodage et de rappel épisodique, de rappel sémantique, de mémoire de travail, de perception ainsi qu'une épreuve évaluant les capacités d'inhibition (Cabeza, 2002). Cependant, d'un point de vue de développement normal, peu d'études ont été effectuées pour déterminer l'évolution de l'empathie avec l'avancement en âge et l'effet du vieillissement sur les circuits neuronaux sous-tendant cette habileté sociale. Le but du présent projet de recherche était donc de décrire l'évolution de l'empathie cognitive dans le vieillissement en examinant notamment l'hypothèse qu'une réorganisation cérébrale par le phénomène *HAROLD* survient et permet aux personnes âgées de conserver des habiletés empathiques comparables à celles des jeunes.

De jeunes adultes ($n = 18$) et des personnes âgées ($n = 17$) ont donc complété deux questionnaires (*quotient empathique* (*EQ*) et les sous-échelles '*prise de perspective*' et '*souci empathique*' de l'indice de réactivité interpersonnelle (*IRI*)) afin d'obtenir une mesure de leur niveau d'empathie. Ils ont également complété plusieurs épreuves neuropsychologiques évaluant entre autres le fonctionnement intellectuel ainsi que les fonctions attentionnelles et exécutives. Puis, ils ont effectué les tâches expérimentales, soit la tâche d'interprétation du regard (*RME*) servant à mesurer l'empathie cognitive, ainsi que la tâche Karolinska Directed Emotional Faces (*KDEF*) qui représente une mesure de la composante affective de l'empathie. L'activation au niveau du cortex préfrontal (dorsolatéral et médian) était mesurée lors de ces deux tâches à l'aide de l'imagerie optique proche infrarouge (IO). L'IO mesure les différences relatives d'activation de l'hémoglobine oxygénée (HbO^2) et déoxygénée (HbR). Typiquement, une augmentation de la concentration de HbO^2 accompagnée d'une diminution de la concentration de HbR indique la présence d'une activation et

donc d'un traitement de l'information. Les tâches expérimentales ont été présentées en blocs aléatoires (positif, neutre, négatif) de 60 secondes, lesquels comportaient dix images chacun. Les résultats suggèrent d'abord la présence de différences significatives entre les deux groupes au niveau des épreuves neuropsychologiques évaluant entre autres l'attention simple, la vitesse psychomotrice, la flexibilité cognitive et les capacités d'inhibition. Tel qu'attendu, les personnes âgées performant moins bien que les jeunes à ces épreuves. Aucune différence n'a toutefois été décelée entre les groupes aux questionnaires d'empathie (*EQ* et *IRI*). Par ailleurs, les résultats IO suggèrent la présence d'activations HbO^2 significatives et bilatérales au niveau du cortex préfrontal en réponse à chacune des deux tâches expérimentales pour tous les participants. Ainsi, aucune différence de groupe n'a été décelée au niveau de la latéralité des activations. Cependant, une diminution de la concentration de HbR était apparente seulement chez les jeunes participants lors de la tâche *KDEF*, alors que les participants âgés présentaient plutôt une augmentation de l'activation de HbR . Ainsi, ces résultats suggèrent possiblement une activation moins prononcée de la région préfrontale chez les participants âgés et donc l'activation possible de structures neuronales différentes. De plus, un temps de latence significativement plus long avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO^2 a été noté chez les participants âgés lors de l'identification d'émotions négatives (*RME*). Aucune différence n'a toutefois été notée quant à la performance des deux groupes aux tâches expérimentales. Ensemble, ces résultats suggèrent donc que les deux groupes de participants utilisent possiblement des stratégies différentes lors de l'identification des émotions. L'identification des émotions pourrait ainsi reposer sur l'activation de structures neuronales différentes pour les deux groupes de participants pour un niveau d'efficacité comparable. Par exemple, l'implication de structures davantage postérieures est possible, ce qui pourrait suggérer qu'un phénomène de réorganisation autre que le phénomène *HAROLD* soit à l'œuvre. L'implication de tels mécanismes permettant une compensation neuro-fonctionnelle lors du vieillissement et permettant par le fait même la préservation d'habiletés cognitives efficaces est discutée à la lumière du vieillissement de la population et de l'incidence de démence.

MOTS CLÉS : cognition sociale, empathie, vieillissement, réorganisation cérébrale, imagerie optique

INTRODUCTION

L'évolution de l'être humain au sein d'une société à complexité croissante a favorisé le développement de comportements sociaux adaptatifs, permettant à tous d'évoluer et d'interagir adéquatement. Afin de répondre à cette complexité sociale croissante, une organisation cérébrale spécialisée a accompagné cette évolution, permettant ainsi le développement des comportements sociaux adaptatifs désignés par le concept de la cognition sociale, concept au cœur de la cohésion sociale. Plusieurs habiletés sociales composent cette dernière, dont notamment la théorie de l'esprit et l'empathie. Celle-ci est probablement l'habileté la plus centrale à l'établissement de rapports interpersonnels harmonieux.

En effet, l'empathie est une habileté qui motive les gens à agir de manière prosociale, c'est-à-dire une manière d'agir qui encourage l'entraide. Par conséquent, l'empathie favorise l'attachement ainsi que la création et le maintien des relations sociales. Pour cette raison, un déficit d'empathie peut avoir des conséquences néfastes pour un individu ainsi que pour les gens de son entourage. Les exemples de pathologies caractérisées par ce type de déficit sont nombreux, allant de la psychopathie, à l'autisme, à une atteinte ou dysfonction neurologique. Les régions cérébrales impliquées dans l'atteinte ou la dysfonction neurologique concernent surtout les régions préfrontales. Les structures de l'hémisphère droit ont été les plus étudiées, soit plus précisément au niveau médian ou orbitofrontal (Eslinger, 1998; Shamay-Tsoory, Tomer, Berger & Peretz, 2003). Ces études se rapportent à la discipline des neurosciences cognitives et sociales, discipline s'intéressant à répondre aux questions fondamentales propres à l'interaction dynamique qui existe entre l'esprit, les circuits et systèmes neurobiologiques et l'environnement social. Les études en neurosciences cognitives et sociales portant sur l'empathie traitent pour la plupart des dysfonctions

neurologiques conséquentes à une lésion ou à un trouble neurodéveloppemental. Or, d'un point de vue de développement normal, peu d'études ont été effectuées afin de déterminer l'évolution de l'empathie avec un avancement en âge (Bailey, Henry & Von Hippel, 2008; Sze, Gyurak, Goodkind & Levenson, 2012) et l'effet du vieillissement sur les circuits neuronaux sous-tendant cette habileté sociale (Chen, Chen, Decety & Cheng, 2014). Le présent projet vise donc à décrire l'évolution de l'empathie cognitive dans le vieillissement et à mettre en évidence les changements cognitifs, s'il y en a, associés à cette évolution. Ce projet permettra de faire la lumière sur les changements concernant les bases neurobiologiques et neuropsychologiques liés à la préservation de l'empathie ou à la diminution de l'empathie dans le vieillissement, le tout afin d'ajouter à la littérature entamée sur le sujet. La plupart des études réalisées dans le domaine de l'empathie reposent sur l'utilisation de l'IRMf. Par contre, d'autres techniques d'imagerie, telle l'imagerie optique, se prêtent plus facilement à l'étude des neurosciences cognitives et sociales en raison notamment d'un environnement d'expérimentation qui se rapproche davantage du milieu naturel (validité écologique). Le présent projet de recherche propose donc l'imagerie optique proche infrarouge comme technique d'imagerie pour l'étude du phénomène de la cognition sociale, et plus précisément de l'empathie.

Puisqu'une perte de densité neuronale au niveau des lobes frontaux est typique chez la population âgée et est associée à des changements importants dans certains domaines de fonctionnement cognitif (Park, O'Connell & Thomson, 2003), l'importance de mieux comprendre l'empathie chez les personnes âgées, qui occupent de nos jours une portion grandissante de la population totale, devient d'autant plus pertinente. En effet, mieux comprendre l'empathie permettra éventuellement de mieux concevoir, diagnostiquer et peut-être intervenir de manière plus adéquate et efficace auprès des personnes âgées souffrant de déficits de la cognition sociale. Par ailleurs, il devient important d'acquérir une meilleure compréhension des raisons

pour lesquelles certaines personnes âgées conservent leurs capacités cognitives et émotives en vieillissant, tandis que d'autres, même sans diagnostic clinique, présentent un déclin de ces fonctions. La mise en évidence des mécanismes physiologiques sous-jacents à la préservation des fonctions cognitives et émotives, telle l'empathie, nous permettra éventuellement de formuler des hypothèses d'intervention afin de les protéger le plus longtemps possible.

CHAPITRE I

RECENSION DES ÉCRITS

1.1 L'empathie

1.1.1 D'où vient l'empathie : l'empathie dans un contexte d'évolution

L'empathie est une habileté fondamentalement sociale qui possède une longue histoire dans l'évolution de l'espèce. L'empathie a probablement évolué en raison du potentiel de survie que cette habileté confère aux membres d'un groupe. En effet, l'empathie permet la socialisation et la formation de liens et de contacts entre les individus d'une même communauté. Or, ces liens seraient d'une importance primordiale pour la survie de l'espèce d'un point de vue évolutif. Ils auraient notamment permis aux individus de collaborer afin d'être plus efficaces lors de la recherche de nourriture et de mieux se défendre contre les prédateurs (Decety & Svetlova, 2012).

L'empathie permet à chacun d'être réceptif aux états d'âme et aux émotions perçus chez autrui, ce qui est essentiel pour les relations sociales efficaces et la coopération des individus dans l'atteinte d'un but commun (de Waal, 2008). L'empathie a probablement initialement évolué dans un contexte de parentalité. D'ailleurs, les liens parentaux, dont particulièrement le lien maternel unissant l'enfant à sa mère, sont certes ceux qui confèrent le plus important potentiel de survie de l'unité familiale, de l'espèce et de la génétique même, du moins chez les mammifères. En effet, compte tenu de la vulnérabilité des petits, ceux-ci sont complètement dépendants des soins de leurs parents. La parentalité aurait donc favorisé la création des liens émotionnels

entre les individus d'une même famille. Plus spécifiquement, la sensibilité des parents aux signaux émis par leurs petits, principalement celle de la mère, aurait permis à ceux-ci de recevoir les soins et la protection nécessaire afin d'assurer leur survie. Cette sensibilité accrue aurait par la suite permis à ces individus d'allouer une attention particulière aux signaux émotionnels (signaux de détresse et de douleur) émis par les autres, essentiellement les autres membres de leur famille élargie, mais aussi de leur tribu ou encore de leur espèce (Decety & Svetlova, 2012). Or, les mécanismes par lesquels les petits influencent les actions de leurs parents afin que ceux-ci prennent soin d'eux et assurent leur survie, notamment par leurs cris ou leurs pleurs, existent chez toutes les espèces animales (de Waal, 2008).

En effet, l'empathie n'est pas une habileté unique à l'espèce humaine. Les mécanismes biologiques qui supportent l'empathie chez l'humain sont d'ailleurs les mêmes que l'on retrouve chez d'autres mammifères (Decety, 2011). Plus précisément, les états émotionnels de base de même que les structures neuronales responsables pour ceux-ci sont analogues chez tous les mammifères. L'architecture principale de ce système affectif repose notamment sur le circuit neuronal du tronc cérébral et du système limbique. Ce circuit implique entre autres l'hypothalamus, le cortex para-hippocampique, l'amygdale ainsi que d'autres régions inter-reliées telles le septum, le noyau accumbens, les ganglions de la base, le cortex insulaire antérieur et le cortex cingulaire retrosplenial (Decety, 2011). De plus, d'un point de vue évolutionnaire, les origines du système limbique sont beaucoup plus anciennes que la plus récente évolution du cortex préfrontal et des habiletés cognitives supérieures qu'il soutient, soit plus spécifiquement des fonctions exécutives. Par ailleurs, le système limbique possède maintes projections réciproques avec certaines régions clés du cortex frontal, dont le cortex orbitofrontal et le cortex cingulaire, qui occupent un rôle important dans l'évaluation et la régulation des émotions de même que dans la prise de décisions (Decety, 2011). Il existerait donc des comportements analogues à

l'empathie chez d'autres espèces animales. Par exemple, l'observation d'un comportement d'agitation chez un animal en réponse à la détresse observée chez un autre membre de son espèce peut être comparable à la contagion émotionnelle (Decety, 2005). Un comportement comparable à la contagion émotionnelle est d'ailleurs apparent chez les rats et les pigeons qui démontrent de l'agitation et des comportements de détresse lorsqu'ils observent ces mêmes comportements chez un confrère (de Waal, 2008). De plus, ces animaux inhibent temporairement des comportements préalablement conditionnés lorsque ceux-ci sont la cause de douleur chez un confrère, observation que l'on pourrait comparer à la sympathie (de Waal, 2008). Par ailleurs, le meilleur exemple d'un comportement qui découle de la sympathie dans le monde animal est la consolation qui a été observée chez les chimpanzés : dans ce groupe, la consolation se définit comme la réassurance offerte au perdant d'un combat par un témoin de la scène, ce dernier entourant de son bras les épaules du déchu (de Waal, 2008).

Or, ce qui diffère des comportements que l'on qualifie de contagion émotionnelle ou de sympathie chez l'animal à l'empathie humaine est l'habileté unique des êtres humains à agir volontairement en portant un geste intentionné auprès d'un autre individu affligé d'une expérience ou d'une situation qui peut différer considérablement de la sienne. Par ailleurs, l'empathie humaine repose aussi sur des habiletés cognitives de haut niveau telles les fonctions exécutives, le langage et la théorie de l'esprit, lesquels permettent une plus grande étendue de l'éventail des comportements humains découlant de l'empathie (Decety & Svetlova, 2012). De plus, une autre distinction importante de l'habileté empathique humaine est que celle-ci peut aussi être exprimée pour un membre d'un groupe social différent. Ainsi, l'empathie est une habileté sociale adaptative qui a évolué par sélection naturelle pour favoriser la survie de l'espèce. Puis, l'évolution du cerveau, notamment du cortex préfrontal ayant permis l'évolution plus approfondie des fonctions exécutives, ainsi

que l'apparition du langage et des habiletés conversationnelles ayant favorisé l'expression verbale des émotions, ont permis le partage des expériences émotionnelles avec d'autres. Or, ce partage donne lieu aux comportements prosociaux et altruistes de même qu'au développement du jugement moral, caractéristiques uniques de l'habileté empathique humaine (Decety, 2006).

1.1.2 Qu'est-ce que l'empathie : Origines du terme et significations

L'intérêt suscité par l'étude du concept d'empathie ne date pas d'hier. En effet, un premier terme précurseur du concept moderne d'empathie fut introduit en Allemagne lors du 19^e siècle par Robert Vischer : « *Einfühlung* » (Vischer, 1873, cité dans Jahoda 2005), terme qui s'appliquait à cette époque aux arts et à l'esthétisme. À cette époque, un individu faisait preuve d'empathie s'il pouvait, en observant une œuvre d'art, déterminer la motivation et l'état d'âme de l'artiste au moment de sa création. La croyance était donc que l'artiste projetait ses sentiments sur son œuvre au moment de sa création. Par la suite, Lipps aurait été le premier à introduire ce terme au domaine de la psychologie et l'utilisa plutôt pour désigner une compréhension interpersonnelle, compatible à la notion de sympathie. Par contre, Titchener croyait plutôt que les deux termes (*einfühlung* et sympathie) avaient une signification différente et celui-ci introduisit ainsi le concept d'empathie comme traduction propre du terme « *Einfühlung* » en 1910 (Titchener, 1909, cité dans Jahoda, 2005). En effet, alors que le terme sympathie implique la contagion émotionnelle et le partage de l'émotion, de la souffrance ou de la joie vécue par autrui, l'empathie implique en plus la compréhension de cette émotion, sans toutefois nécessairement ressentir cette même émotion de façon intégrale. C'est la distinction entre soi et autrui et la capacité de faire la différence entre les émotions perçues chez l'autre et nos propres sentiments qui permettent la compréhension de l'état émotionnel exprimé par l'autre. C'est

pourquoi la contagion émotionnelle propre à la sympathie n'est pas nécessairement favorable à l'empathie et n'est donc pas synonyme du terme. Bref, être empathique signifie de comprendre l'état émotionnel vécu et véhiculé par l'autre, incluant l'expérience affective (c'est-à-dire le partage émotionnel de l'état inféré), mais qui n'est pas limité à celui-ci (Decety & Jackson, 2004). Ainsi, l'expérience affective et le partage émotionnel de l'état attribué à autrui témoignent de la composante émotionnelle et affective propre à l'empathie, alors que la compréhension de cet état témoigne de la composante cognitive de l'empathie. Ainsi, l'empathie est une habileté multidimensionnelle, sollicitant une manifestation à la fois émotive, cognitive et même sensorimotrice.

Puisque l'empathie est considérée comme une habileté multidimensionnelle, plusieurs définitions ont été proposées pour expliquer la nature du terme. Néanmoins, il manque de consensus dans la littérature neuroscientifique quant à la définition la plus appropriée pour décrire l'empathie. En 1949, Dymond (cité dans Mehrabian et Epstein, 1972) avait déjà identifié la composante cognitive de l'empathie en affirmant que la personne empathique pouvait s'imaginer être dans la même situation qu'une autre personne en l'observant, et qu'elle pouvait ainsi comprendre et possiblement même prédire les pensées et les émotions de l'autre. La définition proposée par Rogers (1975) précise que l'empathie implique la perception de l'état interne et privé d'autrui de la même manière dont la personne elle-même perçoit son propre état, sans toutefois perdre le sens que l'autre n'est pas soi. Cette distinction entre soi et autrui a été abordée plus tard par Decety (2003), distinction identifiée comme étant primordiale à l'empathie cognitive. Pour Ickes (1997, cité dans Decety & Jackson, 2004), le concept d'empathie provient d'inférences psychologiques qui sont influencées par les souvenirs, les expériences, les connaissances et les facteurs motivationnels de l'individu, tels l'attention et le raisonnement. L'individu se sert

ensuite de ces inférences afin d'arriver à discerner et à comprendre la pensée, les états d'âme et les sentiments vécus et véhiculés par autrui.

Ces définitions se rapprochent plus de la notion de théorie de l'esprit et témoignent de la place importante qu'occupe la composante cognitive de l'empathie dans l'adaptation sociale et l'interaction favorable avec autrui. En effet, l'empathie et particulièrement sa composante cognitive favorise l'attachement tant bien que la création et le maintien de relations sociales favorables entre les individus d'une communauté. Ainsi, le projet de recherche qui suit portera une attention particulière à cette composante propre à l'empathie. À cette fin, la définition de l'empathie selon Ickes (1997), citée dans Decety & Jackson (2004), sera utilisée afin de bien cibler l'empathie à nature cognitive tout au long du projet de recherche qui suit.

1.1.3 Les composantes de l'empathie

La nature multidimensionnelle de l'empathie signifie que plusieurs composantes sont nécessaires à l'expression adéquate de cette habileté complexe. En effet, l'habileté à exprimer un comportement empathique nécessite la sollicitation des composantes sensorimotrices, émotionnelles/affectives et cognitives d'un organisme afin de favoriser le comportement prosocial et altruiste désiré. En outre, l'importance du lobe préfrontal dans l'expression des différences composantes relatives à l'empathie sera discutée.

1.1.3.1 La composante sensorimotrice

La composante sensorimotrice de l'empathie est engagée lorsqu'un individu imite, consciemment ou non, la réponse motrice de la personne observée (Hatfield, Rapson & Le, 1994). Ainsi, l'empathie sensorimotrice peut être définie comme une propension à reproduire les expressions faciales, vocales et même posturales d'un individu observé. Il a été suggéré qu'un réseau de neurones miroirs était responsable, du moins en partie, de ce phénomène puisque des circuits de cellules miroirs sont activés chez un individu qui observe une action exécutée par un tiers (e.g., manipulation d'un objet) ainsi que lorsqu'il exécute lui-même cette action (Rizzolatti, Fogassi & Gallese, 2001). Le circuit permettant l'expression d'une réponse empathique sensorimotrice débute par la détection visuelle d'une action qui se traduit par une activation du cortex temporal supérieur (Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta & Lenzi, 2003). Le cortex temporal supérieur envoie ensuite cette information aux cellules miroirs de la région pariétale postérieure afin d'enregistrer les mouvements précis de l'action. Ces informations sont ensuite transmises aux neurones miroirs du cortex frontal inférieur (BA 44 et 45), ce qui permettra l'évaluation du but de l'action afin d'exécuter le mouvement désiré. Les circuits neuronaux responsables du traitement de l'information perceptuelle et de la représentation de l'action interagissent ensuite avec les cortex temporal et frontal afin d'ajouter la composante émotionnelle et cognitive à l'expression appropriée du comportement empathique. Ainsi, la détection et la perception chez l'autre d'un état ou d'une action pourraient être considérées comme précurseurs à l'empathie. En effet, cette détection favorise le contact initial établi entre soi et autrui, contact nécessaire pour arriver d'abord à discerner et à inférer les pensées et les états d'âme de l'autre et, parallèlement, à comprendre l'état exprimé par autrui et le partage de l'émotion. Cette notion est comparable au modèle d'activation « perception-action » tel que suggéré par Preston et de Waal (2002). Ce modèle propose que la perception d'un comportement, d'un

état ou d'une émotion chez autrui active de manière automatique les régions neuronales responsables de la représentation du comportement en question afin de faciliter l'émergence de la réponse appropriée (comportementale ou émotionnelle selon le cas). Ainsi, selon ce modèle, il existe un mécanisme de résonance permettant à un individu de faire concorder ses émotions à celles exprimées par autrui à l'aide entre autres des représentations sensorimotrices. La notion de « résonance » des émotions de l'autre fait alors référence au principe d'imitation et de contagion que l'on retrouve dans l'empathie de type émotionnelle qui sera discutée dans la section suivante. De cette façon, la perception et la représentation de l'action peuvent aussi être considérées comme précurseurs à l'empathie puisque ces mécanismes correspondent à certains principes évolutifs et même innés d'apprentissage social, dont l'apprentissage par imitation. En effet, par l'action des cellules miroirs, les nouveaux-nés sont capables d'imiter certains gestes exécutés par des adultes, comme par exemple ouvrir la bouche et sortir la langue (Brothers, 1989; Jackson, Meltzoff & Decety, 2005). Or, le comportement empathique proprement dit de l'enfant n'émerge que vers l'âge de deux ans (Zahn-Waxler, Radke-Yarrow & Wagner, 1992). Ainsi, les mécanismes précurseurs et nécessaires à l'empathie seraient présents bien avant l'émergence du comportement proprement dit (pour plus de détails sur le développement de l'empathie, voir section 1.1.4).

1.1.3.2 La composante émotionnelle

La dimension émotionnelle de l'empathie est souvent celle à laquelle les gens attachent une plus grande importance puisque plusieurs considèrent l'empathie comme une émotion au sens propre (Batson, Fultz & Schoenrade, 1987). En effet, le dictionnaire Le Petit Robert (1991) définit l'empathie comme « la faculté de s'identifier à quelqu'un et de *ressentir* ce qu'il ressent » (p.629). Dans le domaine

médical, Spiro (1992) décrit l'empathie comme l'émotion que les gens font naître en nous. Cependant, l'empathie est bien plus qu'une émotion. En effet, le concept se rapporte davantage à une habileté sociale comportant une dimension émotionnelle importante. L'empathie de type émotionnelle consiste en l'expérience de l'émotion perçue chez autrui et pour cette raison, la contagion émotionnelle serait à la base de l'empathie émotionnelle (Shamay-Tsoory, Aharon-Peretz & Perry, 2009). La première expression empathique à nature émotionnelle est d'ailleurs celle de la contagion émotionnelle, action aperçue très tôt dans l'enfance et même chez les nourrissons lorsqu'un enfant pleure en réponse aux pleurs d'un autre enfant (Hoffman, 1975; Sagi & Hoffman, 1976; Simner, 1971; pour plus de détails sur le développement de l'empathie, voir section 1.1.4). Or, la contagion émotionnelle pourrait s'inscrire dans le modèle de perception-action proposé par Preston et de Wall (2002) de sorte que la perception d'un comportement chez l'autre active automatiquement notre représentation neuronale de ce même comportement (voir section 1.1.3.1 pour plus d'information). En effet, les circuits neuronaux typiquement sollicités en réponse aux expressions émotionnelles véhiculées par autrui permettent à l'individu d'exprimer une émotion congruente à celles-ci en retour. On pourrait donc supposer que l'empathie est une habileté exprimée par un mécanisme débutant par la perception et la représentation d'un comportement, d'un état ou d'une émotion quelconque, activant un réseau de neurones miroir et donnant suite à l'empathie sensorimotrice (Preston & de Wall, 2002; Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta & Lenzi, 2003). Ainsi, l'empathie émotionnelle s'exprimerait parallèlement à l'empathie sensorimotrice et, comme cette dernière, représenterait également un processus relativement automatique et survenant de manière implicite (Preston & de Wall, 2002; Blair, 2005). Tel que discuté ci-haut, l'activation des cellules miroirs lors de l'observation d'une action a été identifiée comme principal agent dans l'expression de la composante sensorimotrice de l'empathie et certaines études suggèrent que les cellules miroirs du gyrus frontal inférieur sont également préférentiellement activées lors d'épreuves de reconnaissance des émotions (Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta

& Lenzi, 2003). Selon les auteurs, l'imitation, quoique parfois inconsciente, de la posture et des expressions faciales d'un individu au comportement empathique lui permettrait de façonner le contenu émotionnel de l'expression à être émise par la suite. De plus, certaines études ont établi un lien précis entre l'activation des cellules miroirs et l'empathie émotionnelle (Jabbi, Swart & Keysers, 2007; Singer, Critchley & Preuschoff, 2009). Ces études ont suggéré que l'insula jouait un rôle dans la représentation des émotions, plus particulièrement lors de l'observation de la douleur ou d'une expression de dégoût ainsi que lors de l'expérience personnelle de ces mêmes émotions. D'ailleurs, dans son article de revue, Blair (2005) discute des différentes régions cérébrales impliquées dans l'empathie émotionnelle, lesquelles varient selon l'émotion à laquelle l'individu répond (les expressions de joie, de peur et de tristesse activeraient préférentiellement l'amygdale, alors que le dégoût activerait plutôt l'insula et la colère le cortex frontal ventrolatéral). Cependant, des études plus récentes ont plutôt identifié le gyrus frontal inférieur, notamment la région orbitofrontale et ventromédiane, comme principale structure responsable de l'empathie émotionnelle (Shamay-Tsoory, Tomer, Glodsher, Berger & Aharon-Peretz, 2004; Shamay-Tsoory, Aharon-Peretz & Perry, 2009).

1.1.3.3 La composante cognitive

La composante cognitive de l'empathie est étroitement liée aux processus impliqués dans la théorie de l'esprit, notion pouvant être définie comme la capacité d'un individu à se représenter les sentiments et les états d'âme d'une autre personne, tels ses pensées, ses croyances et ses intentions (Leslie, 1987; Blair, 2005; Decety, 2011). En outre, la représentation des états d'âme d'autrui agirait comme signal pour l'activation de la réponse empathique adéquate à la situation en question (Blair, 2005). Or, la réponse empathique requiert la capacité cognitive d'un individu non

seulement à se représenter les états mentaux d'autrui, mais également la capacité cognitive à prendre la perspective de cette personne et à adopter son point de vue. L'individu peut ainsi comprendre la situation, voire l'émotion qui l'accable, afin de pouvoir par la suite être disponible émotionnellement pour adopter un comportement approprié envers cette personne (Blair, 2005). Ainsi, la composante cognitive de l'empathie serait aussi liée aux fonctions exécutives de même qu'au contrôle de soi et de ses émotions (Decety, 2011). En outre, l'empathie cognitive est un aspect fondamentalement important à la communication efficace et aux relations sociales qui unissent les gens d'une communauté et elle comporte plusieurs sous-composantes nécessaires à son expression optimale.

1.1.3.3.1 La représentation de soi vs autrui

L'empathie cognitive comprend d'abord un *mécanisme de représentation de soi* et un *mécanisme de représentation de l'autre*, mécanismes qui se développent au cours de l'enfance et qui favorisent la distinction et l'intersubjectivité entre soi et autrui. Cet aspect semble précurseur à l'habileté d'empathie et est également nécessaire à l'expression adéquate de cette habileté (Brothers, 1989; Decety, 2003). En effet, lorsqu'un individu adopte la perspective de l'autre et éprouve de l'empathie à son égard, il demeure néanmoins conscient que ce qu'il ressent n'est pas exactement identique à ce que l'autre ressent. Ainsi, adopter la perspective subjective d'autrui requiert un effort de mentalisation de la part de l'individu. Toutefois, tel que discuté ci-haut par rapport à la composante sensorimotrice de l'empathie, il a déjà été établi par l'activation d'un réseau de cellules miroirs que des structures neuronales spécifiques sont activées par l'observation d'une action effectuée par autrui ainsi que par l'exécution de cette même action (Rizzolatti, Fogassi & Gallese, 2001, Blair 2005, Decety, 2003). Ainsi, si les mêmes régions cérébrales sont activées lors de

l'observation d'un comportement chez autrui que celles engagées par nos propres actions ou émotions, comment le cerveau fait-il pour distinguer une représentation propre à autrui d'une représentation personnelle? Decety (2003) a effectué des études d'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) afin de déterminer comment le cerveau établit la distinction entre soi et autrui. Dans un premier temps, l'auteur a demandé aux participants d'imiter les actions d'un expérimentateur ou bien d'observer ce dernier les imiter (condition imitation). Dans un deuxième temps, d'autres sujets devaient s'imaginer effectuant une tâche ménagère familière ou imaginer quelqu'un d'autre effectuant cette même tâche (condition imagination). Or, ces deux conditions (imitation et imagination) ont été associées à l'activation cérébrale de régions identiques. Notamment, le cortex frontal et pariétal inférieur était activé lors de la condition d'imitation, peu importe qui était l'auteur de l'action (expérimentateur ou participant). Le gyrus précentral, l'aire motrice supplémentaire et le précuneus étaient activés lors de la condition d'imagination, peu importe quelle personne était imaginée effectuant la tâche ménagère (participant ou autre). Or, ces résultats corroborent le mécanisme de résonance des cellules miroirs propres à l'empathie de type sensorimotrice. Une distinction importante a toutefois été notée : d'une part, lorsque l'expérimentateur imitait les sujets et lorsque les sujets imaginaient une tierce personne effectuant une tâche ménagère, le cortex pariétal inférieur de l'hémisphère droit était davantage engagé. D'autre part, le cortex pariétal de l'hémisphère gauche était préférentiellement engagé lorsque les sujets imitaient l'expérimentateur, ainsi que lorsqu'ils s'imaginaient eux-mêmes exécutant la tâche ménagère. Ces résultats sont donc en accord avec un mécanisme d'activation d'un réseau cortical commun (cortex frontal et pariétal inférieur) et d'un autre réseau cortical distinct en fonction de qui est l'auteur de l'action (cortex pariétal inférieur droit lorsque le sujet n'est pas l'auteur de l'action et cortex pariétal inférieur gauche lorsque le sujet est l'auteur de l'action). Des résultats similaires ont également été obtenus pour les circuits neuronaux sollicités lors de la perception de douleur chez autrui et la douleur personnellement subie ou imaginée (Jackson, Rainville & Decety,

2006). La distinction entre soi et autrui est importante pour l'habileté d'empathie puisqu'une identification complète avec l'émotion exprimée par autrui représente une contagion émotionnelle au sens propre et pourrait résulter en un sentiment de détresse personnelle. Or, la détresse n'est pas une condition adaptative et elle n'est pas favorable au comportement de type empathique. Ainsi, la capacité à faire la distinction entre les émotions perçues chez l'autre et nos propres émotions permet une compréhension interpersonnelle qui est beaucoup plus appropriée à l'expression d'un comportement altruiste et empathique adéquat.

1.1.3.3.2 La régulation émotionnelle

La *régulation émotionnelle* est un autre facteur important représentant une seconde sous-composante nécessaire à l'empathie cognitive. Les êtres humains possèdent cette capacité à contrôler leurs émotions et à juger du moment le plus opportun pour les exprimer. Ainsi, la capacité à gérer son émotivité est importante pour les interactions sociales satisfaisantes puisqu'elle encourage l'expression de comportements appropriés à la situation, par exemple les comportements empathiques. En effet, la capacité à bien réguler ses émotions serait corrélée positivement à un sentiment attentionné envers autrui, alors que les gens qui vivent leurs émotions plus intensément seraient davantage portés à ressentir de la détresse personnelle, particulièrement lorsque ces émotions sont de nature négative (Decety & Lamm, 2006, Decety, 2006). La capacité à gérer ses émotions sollicite un réseau neuronal qui comprend notamment le cortex préfrontal, de même que certaines régions clés du système limbique (telles l'amygdale et l'hippocampe), le cortex cingulaire antérieur, le cortex insulaire et le striatum ventral (Davidson, Putnam & Larson, 2000). Par ailleurs, Levine et collègues (1999) ont décrit un ensemble de

symptômes pouvant survenir suite à une lésion de la portion ventromédiane du cortex préfrontal (particulièrement lorsque la lésion implique l'hémisphère droit), caractérisé par une incapacité à s'autoréguler et à contrôler ses comportements et ses émotions et par une incapacité à inhiber un comportement inadéquat et inadapté à la situation. Or, certains auteurs ont aussi démontré que des lésions de la portion orbitofrontale, ventromédiane et dorsolatérale du cortex préfrontal sont associées à des déficits d'empathie (Shamay-Tsoory, Tomer, Goldsher, Berger & Aharon-Peretz, 2004). De plus, la régulation émotionnelle influence et module aussi le comportement en réponse à la douleur perçue chez autrui (Lamm, Batson & Decety, 2007). Dans cette étude, les expérimentateurs s'intéressaient aux capacités de gestion des émotions des participants lors de l'observation de douleur chez un sujet suite à un traitement médical. Spécifiquement, les expérimentateurs cherchaient à savoir si le fait d'observer la douleur subie par autrui résulterait en un sentiment d'empathie ou plutôt en un sentiment de détresse personnelle. Le besoin de régulation émotionnelle était manipulé par l'efficacité du traitement : certains sujets recevaient comme information que le traitement douloureux avait été efficace, alors que d'autres sujets recevaient l'information contraire (traitement douloureux non efficace). Les participants avaient comme consigne soit d'imaginer les sensations et les sentiments ressentis par l'individu soumis au traitement médical, ou de s'imaginer être à la place de l'individu en question. Or, le fait de s'imaginer recevoir le traitement médical, surtout lorsque ce traitement n'était pas efficace, résultait en une plus grande détresse personnelle. En revanche, un sentiment d'empathie était produit par l'observation d'un sujet soumis à la douleur du traitement lorsque celui-ci n'était pas efficace. Cette étude a démontré qu'une régulation émotionnelle s'opère préalablement à l'adoption d'une attitude appropriée (empathie vs détresse personnelle) à la situation précise.

1.1.3.3.3 La flexibilité cognitive

La *flexibilité cognitive* représente une autre sous-composante importante de l'empathie cognitive. En effet, c'est la flexibilité cognitive qui permettrait d'adopter non seulement le point de vue et la perspective subjective d'autrui, mais elle permettrait en plus d'adopter un comportement moral et empathique approprié à la situation (Decety & Jackson, 2004). En effet, c'est cette flexibilité qui permet à un individu d'inhiber l'activation automatique de sa propre perspective personnelle pour être en mesure de se représenter mentalement la perspective d'autrui et de l'adopter par la suite. Un ajustement de notre propre perspective, activée automatiquement lors d'une interaction, est donc nécessaire à la suite d'une interaction avec autrui afin d'arriver à se représenter mentalement sa perspective. Or, certaines études ont permis de constater une corrélation positive entre la flexibilité cognitive et l'empathie (Eslinger, 1998; Grattan & Eslinger, 1989; Grattan, Bloomer, Archambault & Eslinger, 1994; Shamay-Tsoory, Tomer, Berger & Aharon-Peretz, 2003; Shamay-Tsoory, Tomer, Glodsher, Berger & Aharon-Peretz, 2004). De plus, plusieurs de ces chercheurs ont identifié une association entre la portion dorsolatérale du cortex préfrontal et la flexibilité cognitive (Eslinger, 1998; Eslinger, Parkinson & Shamay, 2002; Grattan, Bloomer, Archambault & Eslinger, 1994; Shamay-Tsoory, Tomer, Berger & Aharon-Peretz, 2003). Dans ces études, une lésion du cortex préfrontal dorsolatéral a été associée à des déficits d'empathie, tels qu'inférés à certains questionnaires d'empathie (Interpersonal Reactivity Index; Davis, 1980; Empathy Measure; Hogan, 1969), et à certaines mesures de flexibilité cognitive (fluidité verbale, usage alternatif d'objets, nombre d'erreurs persévératives à l'épreuve du Wisconsin, etc.). Par ailleurs, les déficits d'empathie et de flexibilité étaient plus importants lorsque la lésion impliquait la portion dorsolatérale de l'hémisphère gauche. Cependant, les patients dont la lésion impliquait la portion ventromédiane ou orbitofrontale droite présentaient des déficits d'empathie mais non de flexibilité

cognitive (Decety & Jackson, 2004; Shamay-Tsoory et. al., 2003; Eslinger, Parkinson & Shamay, 2002; Eslinger, 1998; Grattan, Bloomer, Archambault & Eslinger, 1994).

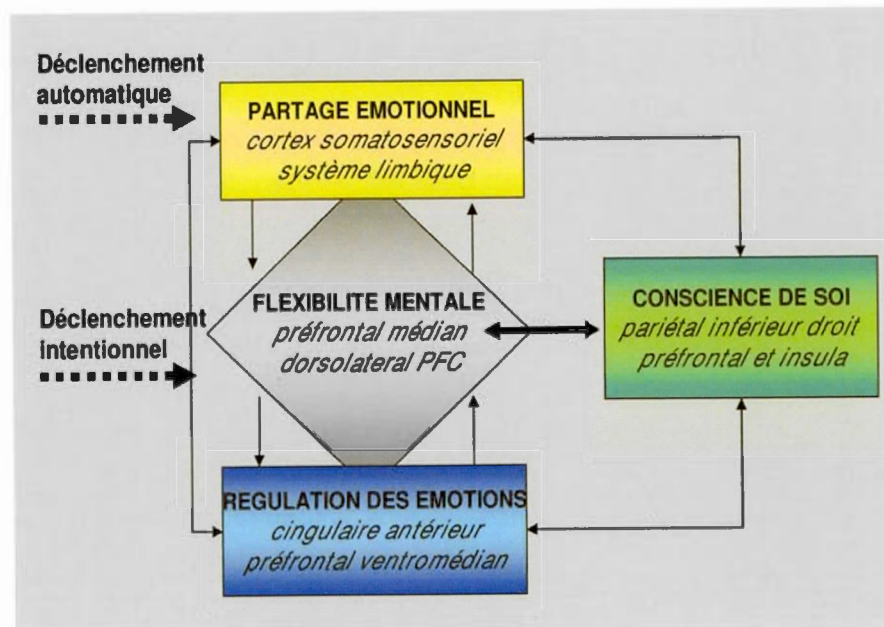
La flexibilité fait aussi partie des fonctions permettant aux individus d'inférer correctement les états d'âme, les croyances, les pensées et les intentions d'autrui, ce qui définit la théorie de l'esprit. Or, malgré les limites de leur étude, Shamay-Tsoory et collègues (Shamay-Tsoory, Tomer, Berger & Aharon-Peretz, 2003) ont présenté des résultats qui suggèrent que des déficits de théorie de l'esprit sont responsables des déficits d'empathie apparents suite à une lésion ventromédiane du cortex préfrontal. En effet, une performance significativement plus faible à une épreuve de détection de faux pas était notée chez les patients qui avaient une lésion spécifiquement localisée à la portion ventromédiane. Ces résultats suggèrent donc une relation entre la flexibilité cognitive et l'habileté empathique. Spécifiquement, de bons processus de flexibilité paraissent nécessaires pour l'expression adéquate de l'empathie, notamment l'empathie cognitive. La flexibilité cognitive permettrait aussi une meilleure régulation émotionnelle. Les déficits d'empathie associés à la flexibilité cognitive semblent être liés à différentes régions du cortex préfrontal (dorsolatéral) que les déficits d'empathie associés à la théorie de l'esprit (ventromédian).

Conceptuellement, le lien entre ces deux composantes (flexibilité et théorie de l'esprit) et l'empathie cognitive pourrait suggérer que l'intégration des compétences propres à chacune s'effectue dans l'une de ces régions afin de donner suite au comportement voulu. D'ailleurs, Gray, Braver & Raichle (2002) proposent que la portion latérale du cortex préfrontal est une région privilégiée qui permet l'intégration des émotions et de la cognition afin que ces deux sources d'information puissent être utilisées simultanément pour contribuer à l'émergence du comportement adéquat à la situation. Pour conclure, les résultats des études citées ci-haut suggèrent une dissociation sur le plan anatomique entre les différentes composantes de l'empathie, dont notamment l'empathie cognitive et affective. À l'aide de l'IRMf, ces études ont

permis d'identifier les circuits neuronaux responsables des sous-composantes de l'empathie cognitive. Le cortex préfrontal médian et ventro-médian ainsi que le cortex cingulaire antérieur sont impliqués dans la régulation émotionnelle et la théorie de l'esprit. Le cortex insulaire antérieur a plutôt comme fonction l'intégration de l'information sensorielle provenant de l'environnement avec les buts et les motivations de l'individu, alors que le cortex préfrontal dorsolatéral joue un rôle important dans la flexibilité cognitive et l'auto-régulation des émotions. Enfin, la jonction temporo-pariétale et les pôles temporaux sont impliqués dans l'intersubjectivité et la représentation de soi vs autrui. Les composantes de l'empathie cognitive interagissent les unes avec les autres de manière à produire un comportement empathique approprié. Ainsi, aucune à elle seule n'est suffisante pour l'expression d'un comportement empathique optimal et adapté. Decety (2005) a ainsi proposé un modèle interactionnel illustrant les différentes structures neuronales sollicitées par chacune des différentes composantes élémentaires nécessaires à l'expression adéquate et optimale de l'habileté empathique (Figure 1.1.1). Ce schéma illustre l'importance fondamentale de l'intégrité des lobes frontaux pour le comportement empathique, et plus particulièrement pour la composante cognitive de l'empathie. Par ailleurs, ce schéma propose que la composante affective de l'empathie qui implique entre autres le partage émotionnel s'active automatiquement (e.g., *bottom-up processing*) alors que la composante cognitive nécessite un effort mental puisque l'activation est alors intentionnelle (e.g., *top-down*). Dans leurs travaux, Decety et collègues (Decety, 2005; Decety, 2010; Decety, 2011; Decety & Jackson, 2004; Decety & Meyer, 2008) proposent d'ailleurs un modèle où l'activation de la composante affective en réponse à un stimulus quelconque se fait automatiquement par l'étroite association entre la perception et l'action. Celle-ci implique les circuits neuronaux sous-corticaux, dont notamment l'amygdale, l'hypothalamus, l'hippocampe et le cortex orbitofrontal. En revanche, la composante cognitive nécessite un effort mental et l'activation est donc intentionnelle puisque les intentions de l'individu, sa motivation, sa compréhension de la situation et sa capacité

à s'autoréguler et à contrôler ses émotions influencent la qualité de la réponse empathique et du comportement qui en découlera par la suite.

Figure 1.1.1 Structures neuronales sollicitées par les différentes composantes nécessaires à l'expression adéquate et optimale de l'empathie (Decety, 2005).



1.1.4 Le développement de l'empathie

Selon les définitions de l'empathie discutées précédemment, les connaissances, les expériences et les souvenirs d'un individu influencent sa compréhension des états d'âme de son confrère et favorisent l'émergence d'un comportement altruiste à son égard (Ickes, 1997, cité dans Decety & Jackson, 2004). Selon cette définition, il est

difficile de concevoir qu'un enfant puisse être empathique dès sa naissance. D'ailleurs, les pionniers des théories développementales du comportement humain, dont par exemple Freud et Piaget, conféraient peu d'habiletés sociales de la sorte aux enfants de bas âge. En effet, dans ses écrits, Freud affirmait que les enfants étaient trop "égocentriques" pour ressentir de l'empathie alors que Piaget ne croyait pas que les enfants avaient les capacités cognitives nécessaires pour ressentir et faire l'expérience réelle de l'empathie (McDonald, & Messinger, 2011). Pourtant, plusieurs chercheurs s'accordent pour dire que les mécanismes nécessaires à l'expression d'un comportement empathique sont bien en place dès la naissance. En effet, certaines études ont démontré des comportements que l'on pourrait qualifier de précurseurs à l'empathie chez les nourrissons âgés de quelques heures à peine, ceux-ci se mettant à pleurer en réponse aux pleurs d'autres nourrissons (Hoffman, 1975; Sagi & Hoffman, 1976; Simner, 1971). Ces chercheurs ont d'ailleurs démontré que des nourrissons âgés de 34 à 70 heures répondaient de manière préférentielle aux pleurs d'autres nourrissons en comparaison à d'autres stimuli auditifs, dont notamment le silence, des bruits de fond à fréquence vocale et des pleurs artificiels générés par ordinateur et d'intensité comparable aux pleurs d'un nouveau-né (Hoffman, 1975; Sagi & Hoffman, 1976; Simner, 1971). Ainsi, puisque les nourrissons répondaient sélectivement aux propriétés vocales des pleurs d'autres bébés, les chercheurs ont conclu que leurs pleurs représentaient une manifestation de détresse innée, comparable à la contagion émotionnelle, et donc un précurseur à la réponse empathique. Bien que chaque individu soit doté de certains mécanismes nécessaires à l'expression de l'empathie dès la naissance, la maturation des systèmes neurobiologiques et l'apprentissage sont tout de même nécessaires pour le développement et l'expression optimale de l'habileté empathique. On peut donc se demander à quel âge l'empathie fait son émergence dans le développement de l'enfant.

La plupart des travaux dans le domaine du développement humain s'accordent pour dire que l'empathie fait son émergence entre deux et trois ans (Zahn-Waxler, Radke-Yarrow, Wagner & Chapman, 1992; Bischof-Köhler, 1991). Cependant, puisque les différentes composantes de l'empathie reposent sur des structures neurobiologiques qui sont en partie dissociables, on peut supposer une trajectoire développementale différente pour chacune. En effet, les études suggèrent que la composante affective ou émotionnelle de l'empathie se développe d'abord, alors que l'empathie cognitive se développe pour sa part quelques années plus tard (Decety, 2010). D'ailleurs, tel que suggéré par Hoffman (1975), Sagi & Hoffman (1976) et Simner (1971), la contagion émotionnelle (une expression rudimentaire de la composante affective de l'empathie) est présente très tôt dans l'enfance, ce qui suggère que la capacité à répondre aux émotions des autres repose sur des mécanismes innés. De plus, les nourrissons de quelques heures à peine (32 heures en moyenne) seraient en mesure d'imiter certaines actions performées par un adulte, par exemple ouvrir la bouche et sortir la langue (Meltzoff, 2002). À 10 semaines environ, ils seraient en mesure de discriminer trois expressions faciales d'émotions simples (e.g., tristesse, joie et colère) et d'imiter certaines d'entre elles, notamment la joie et la colère (Haviland & Lelwica, 1987). Ces résultats suggèrent donc que l'imitation est aussi une capacité innée. Or, la capacité d'imiter représente une forme de communication primitive et, tel que discuté précédemment, l'activation d'un réseau de neurones miroirs lors de l'imitation d'une action suggère que celle-ci est essentielle au développement de l'intersubjectivité et de l'habileté d'empathie.

1.2 Vieillissement

1.2.1 Vieillissement cognitif

Tel que discuté dans la section précédente, l'empathie est une habileté qui requiert l'intégrité des lobes frontaux. Plus spécifiquement, la région dorsolatérale du lobe préfrontal de l'hémisphère gauche, ainsi que la portion ventromédiane seraient des structures particulièrement importantes pour la composante cognitive de l'empathie, soit l'aspect central du présent projet de recherche. Par ailleurs, de par son nom, l'empathie cognitive nécessite également des fonctions cognitives intactes, dont entre autres la flexibilité cognitive mentionnée précédemment, attribuant ainsi un poids supplémentaire à l'importance de la région dorsolatérale gauche compte tenu des déficits d'empathie et de flexibilité suite à une lésion de cette région précise (voir section 1.1.3.3.3).

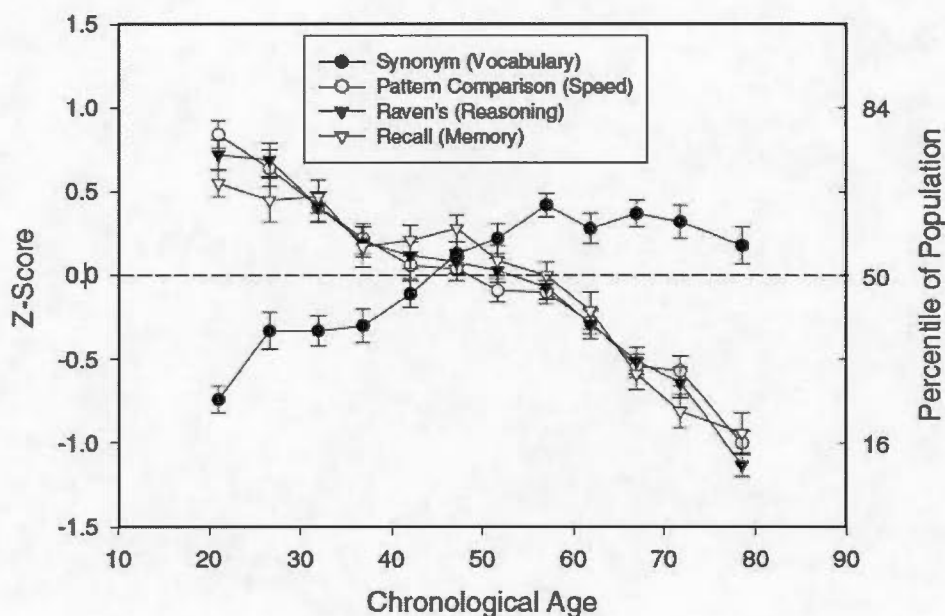
La personne âgée fait face à une multitude de changements, tant sur le plan physique, qu'affectif et cognitif, et ces changements sont en lien avec les modifications qui s'opèrent sur le plan neurobiologique de l'organisme vieillissant. À titre d'exemple, une perte du volume cérébral, de l'intégrité de la matière blanche (diminution de la quantité de myéline) et de la densité synaptique sont typiquement associées à un avancement en âge, quoique la perte volumétrique ne soit pas distribuée équitablement à travers le cerveau (Raz et. al., 2005; Hedden & Gabrieli, 2004). En effet, le rythme de perte volumétrique noté avec un avancement en âge est davantage prononcé dans certaines régions, dont entre autres l'hippocampe et le cortex préfrontal. Plus spécifiquement, le cortex préfrontal est celui pour lequel on note le plus important changement volumétrique associé à l'âge, avec un déclin linéaire d'environ 5% par décennie d'âge après 20 ans (Hedden & Gabrieli, 2004; Park, Polk,

Mikels, Taylor & Marshuetz, 2001). D'ailleurs, on note chez les personnes âgées une perte de volume de la matière grise au niveau du cortex préfrontal, laquelle s'expliquerait par une diminution de la densité synaptique plutôt que par la mort cellulaire (Hedden & Gabrieli, 2004). Ces changements volumétriques de la matière grise associés à l'âge pourraient aussi expliquer, du moins en partie, les changements notés au niveau des habiletés cognitives lors du vieillissement normal. Par ailleurs, une diminution importante de la matière blanche est également notée dans le cortex préfrontal ainsi que dans la portion antérieure du corps calleux lors du vieillissement normal (Hedden & Gabrieli, 2004). Ce ne sont toutefois pas tous les chercheurs qui s'accordent pour dire qu'il y a une diminution linéaire de volume de la matière blanche lors du vieillissement. En effet, certains affirment plutôt que la matière blanche suit une courbe de type U-inversé lors du développement, avec un volume augmentant progressivement à partir de 19 ans, et ce, jusqu'à l'âge de 45 ans où le plus haut volume de matière blanche est atteint, et déclinant graduellement par la suite (Raz et. al., 2005; Sowell, Peterson, Thompson, Welcome, Henkenius & Toga, 2003; cité dans Aine et. al., 2006). Selon les auteurs, cette diminution volumétrique de la matière blanche est associée à de plus faibles performances aux épreuves évaluant la vitesse de traitement de l'information, les fonctions exécutives et les rappels immédiat et différé chez les personnes âgées lors du vieillissement normal (Hedden & Gabrieli, 2004). Les capacités cognitives sont également sujettes à des changements en raison des modifications neurochimiques qui s'opèrent dans l'organisme vieillissant. Par exemple, une diminution de la concentration de la dopamine est apparente lors du vieillissement, particulièrement dans les lobes frontaux (Hedden & Gabrieli, 2004). Cette diminution de concentration de dopamine a été reliée à une réduction de volume du striatum, une structure riche en récepteurs dopaminergiques et ayant des connexions réciproques importantes avec le cortex préfrontal. De plus, une diminution de la densité des récepteurs dopaminergiques et sérotonergiques est aussi observée au sein du cortex préfrontal chez la personne âgée saine et pourrait compromettre l'intégrité des fonctions attentionnelles, motrices,

mnésiques et comportementales (Hedden & Gabrieli, 2004). Une perte graduelle de la fonction cholinergique est aussi rapportée dans la littérature lors du vieillissement, même en l'absence de pathologie (Schliebs & Arendt, 2011). Or, Richter et collègues (2013) ont relevé une forte association entre l'acétylcholine et les performances mnésiques (mémoire épisodique) chez les personnes âgées saines. Enfin, des changements seraient également perçus au niveau de la noradrénaline (Mather, 2016). Ce neurotransmetteur aurait un effet positif sur les capacités attentionnelles, la mémoire de travail et les processus de consolidation. Alors que certains auteurs rapportent une diminution de la noradrénaline lors du vieillissement (Hedden & Gabrieli, 2004), d'autres rapportent plutôt une augmentation et suggèrent qu'en excès, ce neurotransmetteur pourrait causer une diminution de l'efficacité cognitive (Wang, et., al., 2013). Ainsi, selon l'ensemble des auteurs, les changements neurochimiques que subit l'organisme vieillissant, même en l'absence de pathologie, pourraient compromettre certaines habiletés cognitives lors du vieillissement normal. En lien avec les changements neurobiologiques de l'organisme vieillissant, plusieurs aspects du fonctionnement cognitif évoluent au cours du vieillissement normal. Certaines fonctions cognitives demeurent intactes lors du vieillissement, alors que d'autres déclinent. Les fonctions cognitives les plus touchées lors du vieillissement normal sont la vitesse de traitement de l'information, la mémoire, l'attention et les habiletés visuo-spatiales (Salthouse, 2004). Il existe toutefois une grande variabilité inter et intra-individuelle dans les changements qui surviennent au niveau des fonctions cognitives. Certaines fonctions déclinent plus rapidement, alors que d'autres demeurent intactes et deviennent même meilleures selon certains facteurs de modulation tels l'éducation, la santé, le style de vie adopté et le type de personnalité de la personne âgée. À titre indicatif, la figure 1.2.1 illustre la performance et l'écart-type obtenus à quatre tâches cognitives différentes visant l'évaluation de 4 domaines cognitifs selon l'âge : le vocabulaire, la vitesse de traitement de l'information, le raisonnement et la mémoire épisodique (Salthouse, 2004). Les résultats de cette étude démontrent un déclin avec l'âge de ces domaines cognitifs à l'exception du

vocabulaire, domaine cognitif qui semble plutôt évoluer de manière positive avec un avancement en âge. De plus, certains auteurs rapportent que la mémoire autobiographique, la mémoire implicite, et le traitement émotionnel demeurent stables au cours du vieillissement (Hedden & Gabrieli, 2004). Par ailleurs, conformément au déclin noté au niveau du raisonnement, les personnes âgées présentent également des changements importants au niveau de la pensée déductive. Elles pourraient notamment avoir de la difficulté à créer et à maintenir des concepts relationnels complexes et abstraits entre les différents éléments d'un problème à résoudre ou d'une suite à compléter (Salthouse & Prill, 1987). Les auteurs proposent également que la diminution de la vitesse de traitement de l'information typiquement observée chez les aînés aurait pu influencer négativement les performances des participants en raison des épreuves chronométrées. La flexibilité cognitive, composante essentielle à l'empathie cognitive, est un domaine pour lequel un déclin normatif est également apparent lors du vieillissement (Kowalczyk, MacDonald, Cranney & McMahon, 2001). En effet, les personnes âgées sont plus lentes à compléter la partie B du traçage de pistes. Or, la diminution de performance demeure significative même lorsque le ratio B/A élimine l'influence de la vitesse psychomotrice.

Figure 1.2.1 Moyenne (et écart-type) de la performance obtenue à 4 différentes tâches cognitives en fonction de l'âge (Salthouse, 2004)



Finalement, tel que discuté précédemment, l'empathie cognitive est très similaire au concept de théorie de l'esprit. Or, les opinions divergent au sujet de l'effet du vieillissement normal sur la théorie de l'esprit. En effet, certains auteurs affirment que la théorie de l'esprit demeure relativement intacte lors du vieillissement non-pathologique, alors que les performances paraissent déficitaires chez les participants âgés souffrant de la maladie de Parkinson (Saltzman, Strauss, Hunter & Archibald, 2000). D'ailleurs, dans cette étude, les sujets âgés sains ont obtenu des performances similaires à un groupe de jeunes adultes à trois des quatre tâches ciblant la théorie de l'esprit. De ces trois tâches, l'une d'elles impliquait la formulation d'une prédiction au sujet des croyances/intentions d'un personnage suite à la lecture d'une courte histoire. Une autre tâche impliquait aussi la formulation d'une prédiction, mais cette

fois par rapport à la perception du participant suite au visionnement d'une image incomplète. La troisième tâche ciblait plutôt la capacité du participant à élaborer une stratégie afin de récupérer un document dans une pièce en ne laissant aucun indice de son passage. Par ailleurs, bien que le groupe de participants âgés sains ait obtenu de plus faibles performances à une autre tâche évaluant la théorie de l'esprit, où ils devaient deviner l'emplacement d'un objet par les indices offerts par l'examineur et son assistant, les résultats démontrent que les performances étaient tout de même qualitativement différentes de celles obtenues de la part des participants Parkinson. En effet, les participants âgés sains avaient tendance à surestimer la complexité de la tâche et à utiliser un raisonnement plus complexe pour justifier leurs réponses, alors que les patients Parkinson avaient plutôt tendance à répondre de manière aléatoire. Ces résultats suggèrent ainsi des habiletés de théorie de l'esprit relativement intactes chez le groupe de participants âgés sains. De même, d'autres auteurs proposent que non seulement les participants âgés démontrent des performances comparables aux jeunes participants à une épreuve évaluant la théorie de l'esprit, mais ils suggèrent même que les aînés deviennent meilleurs à inférer les pensées et les intentions d'autrui (Happé, Winner & Brownell, 1998). Dans cette étude, la tâche consistait à inférer les pensées et les intentions d'un personnage suite à la lecture de courts textes. Notons cependant que les auteurs ont aussi soulevé l'hypothèse que les personnes âgées ayant participé à cette étude démontraient possiblement un potentiel intellectuel supérieur en comparaison aux participants plus jeunes, ce qui aurait pu leur permettre d'obtenir de meilleures performances à l'épreuve de théorie de l'esprit. Par ailleurs, les personnes âgées ayant participé à cette étude faisaient partie d'un groupe d'individus fréquemment sollicité pour divers projets de recherche. L'échantillon ainsi constitué était donc probablement peu représentatif de la population, ce qui limite la portée des résultats obtenus. D'ailleurs, certains auteurs proposent que seules les personnes âgées présentant un vocabulaire de haut niveau performant bien aux tâches évaluant la théorie de l'esprit, plus spécifiquement aux tâches verbales (Slessor, Phillips & Bull, 2007). Effectivement, lorsque le niveau de vocabulaire était

contrôlé dans cette étude, les personnes âgées ayant auparavant bien performé à une tâche évaluant la théorie de l'esprit (attribution d'une intention/croyance à un personnage suite à la lecture de courts textes) obtenaient maintenant des résultats significativement plus faibles à cette même tâche en comparaison à un groupe de jeunes participants. D'ailleurs, une étude réalisée par Maylor, Moulson, Muncer & Taylor (2002) suggère la présence d'une capacité réduite de théorie de l'esprit (attribution d'intentions à un personnage d'une histoire) avec un avancement en âge, de même qu'une association entre les performances et le niveau d'éducation et de vocabulaire. Une étude publiée en 2009 par Charlton, Barrick & Morris suggère également la présence d'une efficience d'apparence diminuée lors du vieillissement en ce qui a trait à la théorie de l'esprit lors de l'attribution d'une intention à un personnage suite à la lecture d'une courte histoire. Cependant, dans cette même étude, certaines performances cognitives (notamment le rendement à l'échelle performance de la batterie d'intelligence, le fonctionnement exécutif, ainsi que la vitesse de traitement de l'information) influençaient l'association entre un avancement en âge et les performances aux épreuves de théorie de l'esprit. Le rendement à l'échelle verbale de la batterie d'intelligence influençait également cette corrélation, quoique partiellement. Néanmoins, bien qu'une diminution des capacités de théorie de l'esprit ait été suggérée avec un avancement en âge dans l'étude de Maylor, Moulson, Muncer & Taylor (2002), aucune association n'a été trouvée entre les performances à l'épreuve de théorie de l'esprit et le fonctionnement exécutif ou la vitesse de traitement de l'information. Notons toutefois que le déclin des performances de théorie de l'esprit dans cette étude était attribuable au déclin avec l'âge des capacités mnésiques. Finalement, les résultats de l'étude de Slessor, Phillips & Bull (2007) démontrent que les participants âgés performant moins bien que les jeunes lorsque les intentions d'un personnage doivent être inférées suite au visionnement d'un court vidéo et lorsque l'état d'âme d'une personne doit être inféré en observant une photographie des yeux (*Reading the Mind in the Eyes* ou *RME*). Notons cependant que la rapidité du temps de présentation des vidéos (5 secondes) a possiblement

contribué à la performance des participants âgés et constitue ainsi une limite à la portée des résultats. Pardini et Nichelli (2009) ont également rapporté un déclin des performances à l'épreuve *RME* avec un avancement en âge. Notons cependant qu'aucune différence d'âge n'a été trouvée à l'épreuve *RME* dans une étude réalisée par Castelli et collègues (2010). Bien que certaines divergences soient observées, l'ensemble de ces résultats suggère la présence d'une capacité réduite de théorie de l'esprit avec un avancement en âge. Le niveau de scolarité, les connaissances verbales (i.e., vocabulaire) et certaines capacités cognitives semblent toutefois moduler l'association entre l'âge et les performances aux épreuves de théorie de l'esprit, particulièrement celles nécessitant une inférence par rapport aux croyances/intentions d'un personnage suite à la lecture d'une histoire. Les effets de l'âge sur l'épreuve *RME*, épreuve ciblant plutôt l'attribution d'une émotion qu'une croyance ou une intention, ne sont toutefois pas concordants.

Enfin, la capacité à inférer les pensées et les intentions d'autrui semble également nécessiter l'intégrité des lobes frontaux. Fletcher et collègues (1995) précisent que le gyrus frontal médian de l'hémisphère gauche serait impliqué dans cette habileté, alors que Shamay-Tsoory, Tomer, Berger & Aharon-Peretz (2003) suggèrent plutôt que la portion ventromédiane du lobe préfrontal serait nécessaire à la théorie de l'esprit. Notons que la nature des tâches utilisées, de même que les techniques d'imagerie différentes proposées par les deux études peuvent avoir influencé les résultats obtenus par chacune. De plus, tel que discuté ci-haut, certains auteurs proposent une association entre la théorie de l'esprit et le fonctionnement exécutif (Charlton, Barrick & Morris, 2009). Or, puisque certains processus exécutifs sont sujets à un déclin non pathologique lors du vieillissement, par exemple la vitesse de traitement de l'information, la capacité d'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive (Salthouse, 2004; Kowalczyk, MacDonald, Cranney & McMahon, 2001), le déclin de ces dites fonctions pourrait en partie expliquer le déclin de certaines autres

capacités cognitives (par exemple la théorie de l'esprit, la perception et la compréhension des émotions). De plus, ces capacités cognitives et ces processus exécutifs requièrent tout autant l'intégrité des lobes frontaux pour un fonctionnement optimal (Park, Polk, Mikels, Taylor & Marshuetz, 2001). Tel que discuté précédemment, les lobes frontaux sont exposés à une multitude de changements neurobiologiques associés à un avancement en âge. Bien que ces changements semblent suggérer un déclin d'apparence uniforme au sein des lobes frontaux, certains auteurs proposent plutôt une trajectoire différente selon la région ciblée (MacPherson, Phillips & Della Sala, 2002). D'ailleurs, selon les auteurs, les lobes frontaux comportent différentes régions qui contribuent de façon importante et spécifique à certaines fonctions cognitives. En effet, il est suggéré que la région dorsolatérale est primordiale pour les fonctions exécutives et la mémoire de travail, alors que la région ventromédiane serait plutôt impliquée dans le traitement des émotions et des comportements sociaux. Dans cette étude, les épreuves sélectionnées ciblaient la région dorsolatérale ou ventromédiane du lobe préfrontal. Les résultats suggèrent la présence d'une diminution des performances avec un avancement en âge aux trois épreuves reposant sur l'intégrité de la région dorsolatérale, alors qu'aucune différence liée à l'âge n'a été notée aux épreuves reposant plutôt sur la portion ventromédiane du lobe préfrontal. Ainsi, la région dorsolatérale serait probablement plus sensible aux effets du vieillissement que la région ventromédiane.

1.2.2 Vieillissement émotionnel

Le traitement émotionnel est un aspect qui semble demeurer relativement intact lors du vieillissement (Hedden & Gabrieli, 2004). À ce sujet, les résultats de certaines études dans le domaine du vieillissement émotionnel suggèrent que les personnes âgées considèrent préférentiellement l'information émotionnelle dans les tâches

mnésiques et attentionnelles, particulièrement pour l'information jugée positive. En effet, plusieurs études (Charles, Mather & Carstensen, 2003; Lockenhoff & Carstensen, 2004; Phillips, MacLean & Allen, 2002; Mather & Carstensen, 2005; Spaniol, Voss & Grady, 2008) démontrent que les personnes âgées ont un meilleur souvenir de l'information jugée positive, alors que les jeunes adultes se souviennent davantage du matériel à valence négative. D'ailleurs, Lockenhoff et Carstensen (2004) suggèrent que le traitement préférentiel des émotions et des stimuli positifs est un moyen par lequel le traitement des émotions demeure relativement intact lors du vieillissement non pathologique. Par ailleurs, lorsqu'un ensemble d'émotions positives et négatives est considéré, il ne semble pas y avoir de différence liée à l'âge dans l'identification des expressions faciales d'émotion (Phillips, MacLean & Allen, 2002). Par contre, lorsque des émotions précises sont examinées de plus près, les résultats de cette étude suggèrent que les personnes âgées ont une plus grande difficulté à identifier les expressions faciales d'émotions négatives (colère, tristesse), alors qu'elles identifient correctement les expressions positives. Néanmoins, lorsque l'on considère les résultats des études discutées précédemment, il semblerait que ce sont davantage les habiletés cognitives que les habiletés émotionnelles qui se modifient avec l'âge, d'où l'intérêt particulier du présent projet pour l'évolution de l'empathie à nature cognitive dans le vieillissement.

1.2.3 Réorganisation cérébrale et fonctions cognitives

Bien qu'une vulnérabilité soit documentée pour la plupart des fonctions cognitives avec un avancement en âge (i.e., attention, mémoire, vitesse de traitement, etc.), certaines fonctions demeurent préservées. Les habiletés langagières paraîtraient d'ailleurs préservées (Ansado, Marsolais, Methqal, Alary & Joanne, 2013), et ce, même lorsque les structures neuronales qui sous-tendent cette fonction subissent aussi

des changements. Par ailleurs, tel qu'indiqué précédemment, il existe une grande variabilité inter et même intra individuelle dans les changements qui surviennent au niveau des fonctions cognitives lors du vieillissement. En effet, certaines personnes âgées maintiennent un niveau de performance élevé à certaines tâches cognitives en dépit des changements neurobiologiques qui surviennent au cerveau lors du vieillissement normal. Une disparité est donc apparente entre les changements neurobiologiques que subit l'organisme vieillissant et la préservation de certaines fonctions cognitives chez certaines personnes. Afin d'expliquer cette disparité, Stern (2009) proposa le concept de réserve cognitive. Or, le concept de réserve cognitive suggère que les processus cognitifs et les réseaux neuronaux qui sous-tendent les performances à une tâche cognitive permettent à certains individus de mieux réussir que d'autres en dépit des changements sur le plan neurobiologique. Ces individus parviendraient à maintenir de bonnes performances, soit en faisant meilleur usage d'un réseau neuronal déjà existant (i.e., réserve neuronale) ou encore en recrutant des réseaux neuronaux additionnels, lesquels ne seraient autrement pas impliqués dans lesdites performances cognitives (i.e., compensation neuronale). Dans la littérature, plusieurs phénomènes donnant appui à l'hypothèse d'une compensation par réorganisation fonctionnelle du cerveau lors du vieillissement ont été suggérés pour expliquer le concept de réserve cognitive à l'origine du maintien relatif de la cognition.

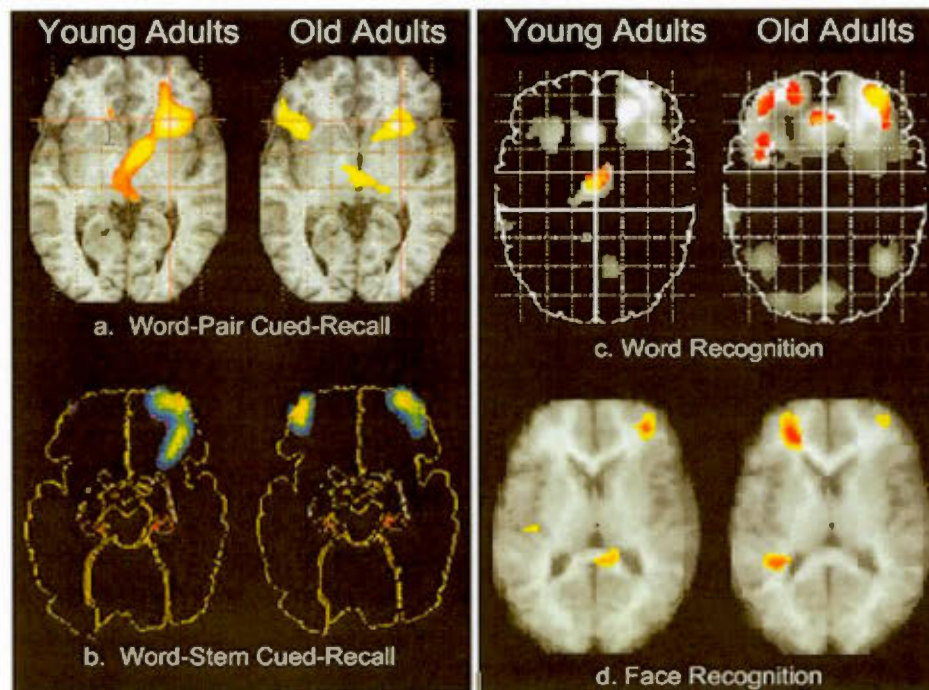
1.2.3.1 HAROLD

Le maintien relatif des habiletés cognitives lors du vieillissement normal pourrait dépendre d'une certaine réorganisation fonctionnelle du cerveau. Par exemple, un phénomène connu sous le nom *HAROLD* (*Hemispheric Assymetry Reduction in Old*

Age) fait référence à une diminution de l'asymétrie hémisphérique préfrontale lors du vieillissement normal, telle que suggérée par l'IRMf et la TEP (Tomographie par Émission de Positrons). Cette diminution de l'asymétrie hémisphérique serait associée à un maintien des performances lors du vieillissement (Cabeza, 2002). L'une des explications avancées par Cabeza est que ce phénomène se traduirait par le recrutement d'activations additionnelles de structures neuronales bilatérales (Cabeza, 2002; Cabeza, Anderson, Locantore & McIntosh, 2002). Cabeza et ses collègues (2002) ont en effet démontré qu'une tâche cognitive (i.e., rappel d'une liste de mots étudiée préalablement) active un locus de structures neuronales préfrontales unilatérales (hémisphère droit) chez de jeunes adultes. Toutefois, pour les personnes âgées ayant une performance équivalente à cette tâche à celle obtenue par les jeunes adultes, cette asymétrie est diminuée en faveur de l'activation de structures neuronales préfrontales bilatérales. Par ailleurs, ces études ont aussi mis en évidence qu'un groupe de personnes âgées obtenant un niveau de performance inférieur aux deux autres groupes ne présentait pas de réduction dans l'activation préfrontale unilatérale et, au contraire, présentait plutôt une activation accrue du même hémisphère que le groupe de jeunes adultes. Ces résultats ont donc été discutés en lien avec l'hypothèse de compensation puisque le recrutement de régions neuronales bilatérales a été observé uniquement chez les participants âgés ayant obtenu des performances significativement meilleures à ceux présentant plutôt une activation unilatérale des mêmes régions. Ces résultats suggèrent ainsi que certaines personnes âgées utilisent un mécanisme de compensation par réorganisation fonctionnelle cérébrale pour obtenir un niveau de performance similaire à celui d'un groupe de jeunes adultes lors d'épreuves cognitives activant spécifiquement des régions clés du lobe préfrontal. Cabeza (2002) a d'ailleurs démontré l'occurrence du phénomène *HAROLD* pour plusieurs tâches cognitives, telles l'encodage et le rappel épisodique, le rappel sémantique, la mémoire de travail, la perception et l'inhibition (Figure 1.2.2). Ainsi, le recrutement additionnel de structures neuronales bilatérales pourrait permettre aux personnes âgées de maintenir un niveau de performance approprié en

dépôt de la diminution d'efficacité fréquemment perçue dans certains domaines cognitifs lors du vieillissement normal. Plus récemment, une étude en imagerie optique proche infrarouge a démontré des activations bilatérales au niveau du cortex dorsolatéral chez des femmes âgées en bonne santé cardiorespiratoire lors d'une tâche exécutive (Albinet, Mandrick, Bernard, Perrey & Blain, 2014). En revanche, les femmes âgées ayant de moins bonnes aptitudes cardiorespiratoires présentaient un niveau d'hémoglobine oxygénée significativement inférieur au cortex dorsolatéral droit en réponse à la même tâche, ce que les auteurs ont attribué au phénomène *HAROLD*. De plus, les auteurs rapportent de meilleures performances à la tâche exécutive des femmes âgées en bonne santé cardiorespiratoire. Par ailleurs, une étude récente en IRMf a démontré des performances comparables entre un groupe de participants âgés et jeunes lors d'une tâche de fluence verbale (Ansado, Marsolais, Methqal, Alary & Joannette, 2013). Or, des activations bilatérales ont été documentées uniquement chez les participants âgés et ce patron d'activation était compatible avec celui proposé par le phénomène *HAROLD*. Müller et collègues (2014) ont aussi présenté des résultats similaires. Dans leur étude, les participants âgés commettaient un nombre comparable d'erreurs au *Traçage de pistes* que les participants jeunes et cette performance était associée à une activation significative et bilatérale du cortex préfrontal dorsolatéral chez les participants âgés.

Figure 1.2.2 Résultats d'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf) lors d'une tâche de rappel épisodique (Cabeza, 2002).



Ainsi, l'occurrence du phénomène *HAROLD* suggère que le maintien relatif des capacités cognitives, notamment pour certaines tâches exécutives, langagières et mnésiques, lors du vieillissement normal est possible par compensation neuro-fonctionnelle. L'implication d'un tel phénomène suggère toutefois, à l'inverse, que le maintien des habiletés cognitives (particulièrement les capacités dépendantes de l'intégrité des lobe préfrontaux) est compromis lorsqu'une telle compensation ne survient pas.

1.2.3.2 PASA

Le maintien d'autres habiletés cognitives pourrait aussi être associé à une certaine réorganisation intra-hémisphérique, tel que suggéré par le phénomène *PASA* (*Posterior-Anterior Shift in Aging*). La réorganisation engendrée par ce phénomène surviendrait le plus fréquemment de la région occipito-temporale à la région frontale (Ansado, Marsolais, Methqal, Alary & Joannette, 2013; Davis, Dennis, Daselaar, Fleck & Cabeza, 2008). Davis et ses collègues (2008) ont d'ailleurs rapporté une diminution de l'activité enregistrée au niveau du cortex occipital au profit d'une augmentation de l'activité enregistrée au niveau du cortex préfrontal chez les personnes âgées en comparaison aux jeunes adultes lors d'une tâche visuo-perceptuelle et d'une tâche de rappel épisodique. De plus, ils rapportent une corrélation positive entre la performance cognitive des personnes âgées et le niveau d'activation enregistré au cortex préfrontal. Une corrélation négative est aussi documentée entre la diminution de l'activité au cortex occipital et l'augmentation de l'activité au cortex préfrontal. Une première manifestation du phénomène *PASA* aurait été rapportée par Grady et al. (1994) dans une étude portant sur la perception. Les résultats de cette étude indiquent qu'il existe des changements significatifs dans le flot sanguin cérébral enregistré lors du traitement visuel entre les personnes âgées et les jeunes. En effet, chez les jeunes, le traitement visuel serait associé à l'activation des régions occipitales, alors que, chez les personnes âgées, le traitement visuel serait davantage associé à l'activation de réseaux neuronaux autres, par exemple le cortex préfrontal. Or, les chercheurs auraient interprété ces différences d'activation comme une utilisation efficace des régions visuelles occipitales chez les jeunes, alors que les personnes âgées nécessiteraient plutôt l'usage de réseaux neuronaux additionnels pour le traitement des mêmes informations afin de compenser le déclin des régions occipitales dans le traitement de l'information visuelle. Depuis, plusieurs chercheurs auraient rapporté l'occurrence du phénomène pour d'autres fonctions cognitives,

telles la mémoire de travail, l'encodage et le rappel épisodique, l'attention et le traitement visuo-spatial (Davis, Dennis, Daselaar, Fleck & Cabeza, 2008). Ansado et collègues (2013) ont récemment démontré une réorganisation cérébrale compatible avec le phénomène *PASA* chez des participants âgés lors d'une tâche d'attention visuelle sélective. Dans cette étude, les participants âgés présentaient des activations cérébrales significatives aux régions antérieures lors d'une condition plus complexe de la tâche en comparaison aux activations postérieures documentées chez les jeunes participants. Les auteurs suggèrent donc qu'un mécanisme de réorganisation des capacités d'attention visuelle est possible par le phénomène *PASA* lorsque la demande cognitive est plus élevée.

1.2.3.3 CRUNCH et STAC

Un autre phénomène proposé par Reuter-Lorenz et Lustig (2005) explique l'activation cérébrale accrue que l'on observe chez les personnes âgées comme un mécanisme de compensation, soit le *CRUNCH* ou le *Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis*. Selon cette hypothèse, en raison d'une charge cognitive accrue, le cerveau des personnes âgées nécessiterait davantage de ressources neuronales que les jeunes pour arriver à traiter la même information, ce qui résulterait en une activation neuronale additionnelle. Un patron similaire d'activations a été démontré dans une étude d'IRMf lors d'une tâche de mémoire verbale comportant des conditions de complexité différente (Cappell, Gmeindl & Reuter-Lorenz, 2010). Les résultats de cette étude ont démontré la présence d'une sur-activation chez les participants âgés en comparaison aux jeunes participants lorsque les performances étaient comparables entre les deux groupes. En revanche, une sous-activation était plutôt apparente chez les participants âgés lors des

conditions plus complexes et lorsque les performances étaient inférieures aux jeunes participants.

Enfin, la théorie de l'échafaudage ou le *Scaffolding Theory of Aging and Cognition* (STAC; Park & Reuter-Lorenz, 2009) suggère que l'activation accrue documentée en région frontale chez les personnes âgées serait adaptative et compensatrice en réponse aux changements neurobiologiques et fonctionnels de l'organisme vieillissant. Le cerveau des personnes âgées développerait donc une stratégie compensatoire en créant des réseaux neuronaux complémentaires et/ou alternatifs pour maintenir un niveau de performance adéquat face à la détérioration des régions cérébrales normalement responsables pour une fonction cognitive quelconque. Les résultats de certaines études ont d'ailleurs appuyé cette hypothèse (Düzel, Schutze, Yonelinas & Heinze, 2011; Pudas et al., 2013). Düzel et collègues (2011) ont en effet démontré la présence d'une activation accrue en région préfrontale (gauche) et occipito-pariétale (droite) chez un sous-groupe de participants âgés qui avait obtenu des performances similaires à celles des jeunes lors d'une tâche de rappel. Or, le réseau d'activation observé chez ces participants âgés était différent de celui observé chez les jeunes participants. Par ailleurs, Pudas et collègues (2013) ont démontré une sur-activation en régions préfrontale et hippocampique chez les participants âgés ayant obtenu de bonnes performances lors d'une tâche mnésique en comparaison à un autre groupe de participants âgés ayant moins bien performé et à un groupe de jeunes participants. Les résultats suggèrent donc un maintien de la cognition par mécanisme compensatoire.

1.2.3.4 Maturation anatomique et fonctionnelle

Enfin, pour d'autres (Aine et al, 2006), la maturation anatomique et fonctionnelle liée à l'avancement en âge permettrait tout simplement l'utilisation de stratégies différentes pour résoudre une tâche quelconque et expliquerait le maintien des habiletés cognitives chez certaines personnes. En effet, dans cette étude, les chercheurs ont trouvé que les personnes âgées et les jeunes adultes utilisaient des stratégies différentes, faisant également appel à l'utilisation de structures neuronales différentes, pour accomplir une tâche de reconnaissance en mémoire visuelle. D'ailleurs, les résultats indiquent une activation supérieure des régions postérieures chez les jeunes participants lors de cette épreuve, alors que l'activation semble davantage localisée au niveau de la région dorsolatérale du cortex préfrontal et du gyrus supramarginal chez les personnes âgées. Or, bien que les participants des deux groupes aient utilisé des stratégies différentes pour accomplir la tâche, aucune différence significative n'a été décelée dans les performances obtenues par les deux groupes, ce qui suggère que l'utilisation d'une stratégie différente a permis aux participants âgés de maintenir un niveau de performance satisfaisant et similaire à celui des jeunes.

1.2.4 Vieillissement et empathie cognitive

Le déclin normatif des habiletés cognitives lors du vieillissement, notamment les habiletés concernant les fonctions exécutives (flexibilité cognitive, capacité d'inhibition, vitesse de traitement de l'information), les fonctions attentionnelles et les fonctions mnésiques, est un phénomène connu depuis longtemps (Chatelois &

Renaseau-Leclerc, 1980; Craik & Salthouse, 2008). Par ailleurs, l'empathie est une habileté multidimensionnelle qui nécessite entre autres l'intégrité des fonctions cognitives (par exemple la flexibilité cognitive, le raisonnement et la pensée déductive ainsi que la théorie de l'esprit). Or, ces habiletés nécessitent l'intégrité des lobes frontaux (notamment des lobes préfrontaux), une région cérébrale particulièrement susceptible aux nombreux changements qui surviennent lors du vieillissement, et ce, même en l'absence d'une pathologie quelconque. Par ailleurs, les changements qui surviennent au niveau des lobes préfrontaux ne paraissent pas uniformes. Une étude en particulier (MacPherson, Phillips & Della Sala, 2002) suggère que ce sont les fonctions reposant davantage sur la région dorsolatérale du lobe préfrontal (par exemple les fonctions exécutives) que les fonctions faisant surtout appel à la région ventromédiane (i.e., traitement émotionnel), qui sont davantage ciblées par ces changements lors du vieillissement. Ainsi, puisque plusieurs composantes exécutives sont nécessaires à l'empathie cognitive, celle-ci représente une habileté dont le risque de déclin croît lors du vieillissement. En effet, les résultats de certaines études suggèrent qu'un avancement en âge est associé à une capacité réduite d'empathie cognitive, telle que vérifiée à l'aide du questionnaire *Empathy Quotient* ou *EQ* et de l'épreuve *RME* (Bailey, Henry & Von Hippel, 2008). De plus, tel que discuté ci-haut, de moins bonnes performances ont été rapportées à l'épreuve *RME* avec un avancement en âge. Les études rapportant ces résultats identifient l'épreuve comme évaluant la théorie de l'esprit plutôt que l'empathie cognitive (Slessor, Phillips & Bull, 2007; Pardini & Nichelli, 2009), ce qui suggère ainsi une forte association entre les deux domaines. Une efficacité diminuée des capacités de théorie de l'esprit a d'ailleurs été rapportée en détail plus haut (Maylor, Moulson, Muncer & Taylor, 2002; Charlton, Barrick & Morris, 2009;).

Nonobstant les résultats des différentes études effectuées dans le domaine du vieillissement qui suggèrent une diminution de l'empathie cognitive et de la théorie

de l'esprit avec un avancement en âge, très peu d'études ont examiné l'impact du vieillissement normal sur les bases neurobiologiques de l'empathie cognitive et, pour cette raison, ce domaine demeure encore relativement inconnu. À notre connaissance, très peu d'études ont précisément exploré cette relation (Chen, Chen, Decety & Cheng, 2014; Castelli, et al., 2010). Les résultats de l'étude de Chen et collègues démontrent qu'il n'y a aucun effet du vieillissement sur les performances à l'échelle *prise de perspective* de l'Indice de Réactivité Interpersonnelle. Selon les auteurs, ce résultat suggère que la capacité à comprendre les sentiments d'autrui, soit l'empathie cognitive, n'est pas négativement influencée par un avancement en âge. Or, ces résultats contredisent en partie ceux rapportés par Bailey et collègues (2008) qui ont plutôt présenté des résultats qui suggèrent de moins bonnes performances chez les participants âgés relativement à l'empathie cognitive. Notons cependant que les mesures utilisées (questionnaire *EQ* et tâche *RME*) n'étaient pas les mêmes dans l'étude de Bailey et al. (2008), ce qui a possiblement influencé les différences observées. Par ailleurs, les résultats de l'étude de Chen et collègues (2014) suggèrent que l'activation cérébrale en réponse au visionnement d'une situation douloureuse chez autrui, soit l'empathie émotionnelle, est moins prononcée avec un avancement en âge. En effet, la réponse hémodynamique (IRMf) du cortex insulaire antérieur droit et du cortex cingulaire antérieur, deux régions impliquées dans le traitement d'informations relatives à la douleur, était présente chez les plus jeunes participants ainsi que chez les participants adultes d'âge moyen, mais paraissait diminuée chez les participants plus âgés. Enfin, lorsque les participants observaient une vidéo illustrant un individu dans une situation douloureuse qui était volontairement causée par une autre personne, une dissociation était présente. En effet, chez les jeunes participants et les participants adultes d'âge moyen, l'évaluation du degré de caractère désagréable des stimuli présentés corrélait positivement avec l'activation des sillons temporaux supérieurs, mais pas de la portion antérieure du cortex cingulaire médian. En revanche, chez les participants plus âgés, l'évaluation du caractère désagréable des stimuli présentés était associée à l'activation de la portion antérieure du cortex

cingulaire médian, mais pas des sillons temporaux supérieurs. Ainsi, ces résultats suggèrent la présence d'une réorganisation fonctionnelle lors du vieillissement, de sorte que les personnes âgées utilisent un ensemble de structures neuronales différentes que celles utilisées chez les jeunes lorsqu'il s'agit de traiter un matériel visuel sollicitant l'empathie en réponse à la douleur perçue chez autrui. En revanche, les résultats de Castelli et collègues (2010) suggèrent également la présence d'une réorganisation fonctionnelle lors du vieillissement. Dans leur étude, une activation plus faible (IRMf) des régions occipitales était observée chez les participants âgés en faveur d'activations frontales et temporales accrues en comparaison aux jeunes participants en réponse à l'épreuve *RME*. Des activations bilatérales étaient aussi rapportées chez le groupe de personnes âgées. Ces résultats sont donc compatibles avec les phénomènes de réorganisation de type *PASA* et *HAROLD*, tels que proposés par Davis, Dennis, Daselaar, Fleck & Cabeza (2008) et Cabeza (2002).

L'étude réalisée par Chen et collègues (2014) propose des résultats quant à l'effet du vieillissement sur les corrélats neuronaux de l'empathie émotionnelle en réponse à la douleur perçue chez autrui, alors que les résultats de l'étude proposée par Castelli et collègues (2010) concernent plutôt l'effet du vieillissement sur les structures neuronales impliquées dans l'empathie cognitive. Cependant, à notre connaissance, seules ces deux études ont abordé le thème de l'effet du vieillissement sur les bases neurobiologiques de l'empathie. Le présent projet de recherche vise donc à accroître les connaissances scientifiques dans ce domaine en se concentrant spécifiquement sur l'effet du vieillissement normal sur l'activation frontale en réponse à une épreuve d'empathie en utilisant une technique d'imagerie qui se rapproche davantage du milieu naturel (meilleure validité écologique), soit l'imagerie optique proche infrarouge.

OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

La présente étude vise à répondre à la question cible suivante : la réorganisation fonctionnelle du cerveau, notamment par une diminution de l'asymétrie hémisphérique ou plus précisément par le phénomène *HAROLD*, pourrait-elle permettre d'atténuer le déclin potentiellement envisageable des capacités d'empathie cognitive lors du vieillissement normal et ainsi permettre aux personnes âgées de maintenir des capacités d'empathie comparables aux jeunes adultes? Trois objectifs précis découlent donc de ce questionnement : d'abord, le présent projet de recherche a comme but d'examiner l'effet du vieillissement normal sur l'empathie cognitive, ensuite de déterminer l'impact du vieillissement normal sur les bases neurobiologiques de l'empathie cognitive et finalement d'observer l'effet de la scolarité et des performances neuropsychologiques sur l'empathie cognitive lors du vieillissement normal. En somme, le présent projet de recherche vise à accroître les connaissances au sujet du vieillissement cognitif, ce qui selon nous aurait le potentiel d'apporter davantage de pistes de réflexion quant aux hypothèses d'intervention à considérer pour favoriser le maintien des habiletés cognitives, plus spécifiquement de l'empathie, chez les personnes âgées. Selon les connaissances scientifiques actuelles au sujet de l'empathie et de la réorganisation fonctionnelle du cerveau qui survient selon certaines conditions lors du vieillissement normal, les prédictions et hypothèses de recherche suivantes ont été formulées afin de répondre aux objectifs cités :

- a) Au niveau comportemental, il est attendu que les résultats aux questionnaires d'empathie (*Quotient Empathique* ; *EQ* ou « Empathy Quotient » et sous-échelles *prise de perspective* (« perspective taking ») et *souci empathique* (« empathic concern ») de l'Indice de Réactivité Interpersonnelle ; IRI) soient similaires entre les jeunes participants et un

sous-groupe de participants âgés sélectionnés pour l'étude. En revanche, il est attendu qu'un autre sous-groupe de participants âgés obtienne plutôt des performances significativement inférieures aux mêmes questionnaires d'empathie. De même, il est attendu que les participants âgés ayant obtenu des performances significativement inférieures aux questionnaires d'empathie obtiennent aussi de moins bonnes performances (nombre plus élevé d'erreurs) à une tâche de mentalisation (théorie de l'esprit) utilisée ici comme mesure de l'empathie cognitive puisqu'il s'agit d'inférer des émotions (Baron-Cohen & Wheelwright, 2004), tâche d'interprétation du regard (« Reading the mind in the eyes » ou *RME*) de Baron-Cohen, Wheelwright, Hill et Plumb (2001). Par le fait même, les jeunes participants de même que les participants âgés ayant obtenu des performances similaires aux questionnaires d'empathie devraient aussi obtenir des performances comparables à la tâche *RME*.

- b) En ce qui concerne les corrélats neurobiologiques, il est attendu que les participants âgés ayant obtenu des performances similaires à celles des jeunes présentent une activation préfrontale bilatérale (particulièrement de la région dorsolatérale) à la séance d'imagerie optique proche infrarouge lors de la tâche *RME*, selon l'hypothèse de la réorganisation fonctionnelle du cerveau par le phénomène *HAROLD*. Selon cette hypothèse, les jeunes participants, de même que les participants âgés ayant obtenu des performances significativement inférieures aux mesures d'empathie (questionnaires et tâche *RME*), devraient plutôt présenter une activation préfrontale unilatérale (spécifiquement de la région dorsolatérale gauche) en réponse à la tâche *RME*, tel que suggéré par le phénomène *HAROLD*. Enfin, lors d'une tâche assimilable à l'empathie de type émotionnelle ou affective (« Karolinska Directed Emotional Faces » ou *KDEF* par Calvo &

Lundqvist, 2008), il est attendu que les activations cérébrales se situent davantage au niveau de l'hémisphère droit pour tous les participants, jeunes comme âgés, et peu importe le niveau d'empathie inféré par les résultats aux questionnaires administrés.

- c) Sur le plan neuropsychologique, compte tenu des difficultés cognitives connues lors du vieillissement normal et objectivées par certaines épreuves neuropsychologiques, il est attendu que les participants âgés performant significativement moins bien que les jeunes aux tâches évaluant notamment les fonctions attentionnelles et exécutives (e.g., vitesse psychomotrice, flexibilité cognitive, capacité d'inhibition). Par ailleurs, puisque l'exécution des tâches expérimentales requiert selon nous de bonnes capacités attentionnelles, exécutives et perceptives, il est attendu que les performances aux épreuves neuropsychologiques corréleront avec les performances à la tâche *RME* servant à évaluer l'empathie cognitive, de même qu'avec les différents questionnaires d'empathie et les activations cérébrales en réponse aux tâches expérimentales (*RME* et *KDEF*). Selon les données de la littérature, les performances aux épreuves exécutives devraient être corrélées à celles obtenues en réponse à la tâche *RME*, aux activations cérébrales en réponse à cette même tâche, de même qu'au questionnaire *prise de perspective* de l'IRI. Les performances au questionnaire *souci empathique* devraient plutôt corréler avec les activations cérébrales obtenues en réponse à la tâche *KDEF*. Enfin, les performances aux tâches expérimentales devraient aussi corréler aux activations cérébrales.

Les objectifs principaux de ce projet de recherche et les hypothèses précisées ci-haut ont été vérifiés à l'aide d'une étude expérimentale auprès de participants jeunes et

âgés. Les performances aux questionnaires (*EQ*, *prise de perspective* et *souci empathique* de l'IRI) ainsi qu'aux tâches d'empathie (*RME* et *KDEF*) et aux épreuves neuropsychologiques ont été comparées entre deux groupes de participants, soit un groupe formé de jeunes adultes âgés entre 21 et 35 ans et un second groupe comportant des personnes âgées entre 60 et 75 ans. D'ailleurs, il n'a pas été possible d'obtenir deux sous-groupes de participants âgés se distinguant de manière significative et fiable sur la base de leurs performances aux questionnaires d'empathie. En effet, en tenant compte de la moyenne obtenue par le groupe de participants âgés, un score seuil a été déterminé pour chaque questionnaire afin d'obtenir deux sous-groupes se distinguant par un profil de performances différent. Cependant, les deux sous-groupes ainsi formés présentaient des performances similaires à 2 questionnaires d'empathie (échelle *EC* et *PT* de l'IRI). Par ailleurs, bien que les deux sous-groupes de participants âgés formés sur la base de leurs performances au questionnaire *EQ* paraissaient significativement différents l'un de l'autre, les deux sous-groupes en question présentaient des performances similaires au groupe de jeunes participants. Cependant, l'une de nos hypothèses initiales était qu'un sous-groupe de participants âgés performe aussi bien que les jeunes participants et qu'un autre obtienne des performances significativement inférieures. Ainsi, compte tenu de ces informations, il a été conclu que les conditions initiales n'étaient pas entièrement respectées et donc qu'il y avait trop peu de justification pour poursuivre les analyses en tenant compte de deux groupes de participants âgés. Pour cette raison, les comparaisons et les analyses subséquentes ont plutôt été effectuées sur la base de l'appartenance des participants à l'un des deux groupes initiaux (jeune et âgé). Enfin, l'activation cérébrale lors des tâches d'empathie a été examinée par le biais de l'imagerie optique proche infrarouge (*Near Infrared Spectroscopy*), afin de comparer les différences relatives d'activation cérébrale entre les participants jeunes et les participants âgés, afin de vérifier la validité du phénomène *HAROLD* pour l'habileté d'empathie cognitive.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

2.1 Participants

Trente-cinq participants ont été recrutés pour participer à la présente étude. Plusieurs d'entre eux ont été recrutés à l'aide de la banque de participants du Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal (CRIUGM), alors que les autres ont plutôt été sollicités par les affiches annoncées en divers endroits publics, ainsi que par le bouche à oreille. Deux groupes ont ainsi été formés selon l'âge afin de constituer un groupe de 18 jeunes adultes âgés de 21 à 34 ans (15 femmes et 3 hommes, moyenne d'âge : 26.94 ± 3.72 ans) et un groupe de 17 personnes âgées de 60 à 75 ans (15 femmes et 2 hommes, moyenne d'âge : 65.59 ± 5.33 ans). Les participants du premier groupe ont été appariés au second selon le sexe et le nombre d'années de scolarité. En effet, afin que le degré de scolarité ne devienne pas un facteur confondant pour l'interprétation des résultats, les participants jeunes et âgés sélectionnés avaient atteint un niveau de scolarité comparable corrigé en fonction du niveau moyen de scolarité atteint pour leur cohorte respective selon les données de Statistiques Canada, soit 11 années de scolarité et plus pour les participants âgés, et 14 et plus pour les jeunes (Statistiques Canada, 2001). Plus précisément, les jeunes avaient atteint en moyenne 16.06 ± 1.83 années de scolarité, alors que les personnes âgées avaient atteint 15.12 ± 2.74 années de scolarité. Outre ces critères, les participants sélectionnés étaient tous droitiers et francophones, le français étant d'ailleurs leur langue maternelle. Les critères d'exclusion étaient les suivants : présenter un trouble visuel non corrigé par le port de lunettes ou de lentilles cornéennes, un historique d'atteinte neurologique ou cérébrale de type laissant des séquelles permanentes, que ce soit au niveau fonctionnel ou structural (AVC, TCC,

épilepsie, néoplasme, maladie de Parkinson, apnée du sommeil, insuffisance rénale, problèmes cardiovasculaires, alcoolisme, hypo ou hyperthyroïdisme, etc.), une perturbation psychologique exigeant une médication et/ou ayant le potentiel d'influencer significativement la qualité de vie de l'individu (dépression, anxiété, etc.), une prise de médication ayant des répercussions sur le système nerveux central, un trouble léger de la cognition ou encore un diagnostic de démence. L'information concernant les antécédents de santé de chaque participant a été recueillie au moment d'une entrevue téléphonique qui a eu lieu lors du processus de sélection. De plus, un questionnaire servant à préciser la dominance manuelle de chaque participant (Edinburgh Handedness Inventory ; Annexe A) a aussi été administré verbalement lors de ce même entretien téléphonique. Par ailleurs, les participants âgés ont tous complété la version française de l'épreuve du MoCA (Montreal Cognitive Assessment; Nasreddine, et al., 2005) afin d'éliminer ceux présentant des difficultés cognitives susceptibles de s'apparenter à un trouble léger de la cognition ou encore à une démence. Tous les participants retenus ont obtenu une performance dite normale, soit 26 points ou plus sur un total de 30 points (score moyen de 28.94 ± 0.97 points). Enfin, le protocole du projet de recherche a été approuvé par le comité éthique de la recherche du CRIUGM de même que par le comité éthique du département de psychologie, dûment délégué par les instances de l'Université du Québec à Montréal. À noter que le consentement éclairé et écrit de tous les participants a été obtenu préalablement à leur participation et qu'ils ont été compensés pour leur déplacement et leur participation (25\$).

2.2 Instruments

2.2.1 Questionnaires

Les participants ont d'abord complété les deux questionnaires suivants visant à évaluer leur niveau d'empathie cognitive :

2.2.1.1 Le Quotient d'Empathie (Empathy Quotient Questionnaire - *EQ*)

Le *EQ* (Annexe B) a été conçu dans sa version originale anglaise par Baron-Cohen et Wheelwright (2004). La version française de ce questionnaire a été validée auprès d'un échantillon de 410 étudiants de domaines différents (Berthoz, et. al., 2008). L'analyse des qualités psychométriques du questionnaire a démontré une bonne fiabilité test-retest ($r = -0.925, p < 0.001$), ainsi qu'une bonne validité interne et convergente. Notamment, ce questionnaire corrèle positivement avec les échelles de *prise de perspective* ou « perspective taking » ($r = 0.315, p < 0.001$) et de *souci empathique* ou « empathic concern » ($r = 0.487, p < 0.001$) de l'IRI. Il comporte 60 items ayant pour objectif d'évaluer la facilité d'une personne à discerner et à comprendre les sentiments d'autrui ainsi que l'ampleur avec laquelle ces émotions l'affectent personnellement. De ces 60 items, 40 se rapportent spécifiquement à l'empathie et le questionnaire comporte aussi 20 items contrôles servant de distraction. Les participants sélectionnent l'item se rapportant le plus à eux-mêmes sur une échelle de type Likert à quatre points (tout à fait d'accord, plutôt d'accord, plutôt pas d'accord, pas du tout d'accord). Seuls les items se rapportant directement à l'empathie (40) sont corrigés et chaque item peut amasser jusqu'à deux points.

Typiquement, un point est alloué lorsque le participant soutient que l'item se rapporte légèrement à lui-même et deux points sont alloués lorsqu'il affirme que l'énoncé le décrit fortement. Un score de zéro est donné lorsque le participant indique que l'item ne le décrit pas du tout. Ainsi, un maximum de 80 points est possible.

2.2.1.2 Indice de Réactivité Interpersonnelle (IRI)

L'IRI (Annexe C) consiste en un questionnaire validé auprès d'une population collégiale comportant quatre sous-échelles évaluant l'empathie à nature émotionnelle et cognitive, dont deux seront ici administrées : *prise de perspective* (« perspective taking ») et *souci empathique* (« empathic concern »). Chaque sous-échelle comporte sept énoncés à cinq choix de réponses chacun (0 à 4) pour un maximum de 28 points. Les participants sélectionnent l'énoncé se rapportant le plus à eux-mêmes sur une échelle de type Likert à cinq points (0 = ne me décrit pas bien du tout à 4 = me décrit très bien). Lors de la publication du questionnaire, Davis (1980) rapportait des coefficients de fiabilité de l'ordre de 0.71 à 0.77 pour les différentes sous-échelles du questionnaire, puis dans l'étude effectuée avec des étudiants collégiaux, le coefficient de fiabilité rapporté était de 0.81 pour les sous-échelles *prise de perspective* et *souci empathique* (Bartholow, Sestir & Davis, 2005). Compte tenu de ces résultats et puisque ces deux sous-échelles se rapportent spécifiquement à l'empathie alors que les deux autres sous-échelles de l'IRI : *fantaisie* (« fantasy ») et *détresse personnelle* (« personal distress ») semblent évaluer un concept plus large que l'empathie (Baron-Cohen & Wheelwright, 2004), seules les sous-échelles mesurant la *prise de perspective* et le *souci empathique* ont été administrées.

2.2.2 Montreal Cognitive Assessment (MoCA)

Les participants âgés ont été évalués par le biais du MoCA (Nasreddine, et al., 2005). Cette épreuve a été conçue pour détecter les personnes âgées présentant un trouble cognitif léger et a été validée auprès d'un large échantillon de personnes âgées de la grande région de Montréal. Les résultats de cette étude ont démontré que le MoCA peut cerner jusqu'à 90% des personnes atteintes d'un trouble léger de la cognition ou encore d'une démence de type Alzheimer. Cette étude a également démontré que le MoCA détient une bonne spécificité, soit qu'il peut identifier correctement la majorité (87%) des participants contrôles avec un score seuil de 26/30. L'épreuve est rapide à administrer et elle évalue de façon sommaire les fonctions attentionnelles, perceptuelles, visuo-constructives, mnésiques et exécutives. Un point est alloué pour chaque bonne réponse pour un maximum de 30 points. À noter qu'un point supplémentaire est accordé à la fin de l'épreuve pour les participants ayant complété une scolarité inférieure à 12 années. Ainsi, les participants ayant obtenu un score sous le seuil déterminé par les auteurs, soit un score inférieur à 26/30, ont été exclus de l'étude et au besoin, dirigé vers leur médecin de famille.

2.2.3 Épreuves neuropsychologiques

Une batterie de tests neuropsychologiques a ensuite été administrée afin d'examiner certains paramètres pouvant influencer les scores subséquentment obtenus aux épreuves visant à évaluer l'empathie cognitive, notamment les questionnaires de même que les tâches prévues pour la séance d'imagerie optique. Ainsi, les épreuves neuropsychologiques administrées visaient entre autres l'évaluation des fonctions

attentionnelles, exécutives et perceptuelles. De plus, les épreuves neuropsychologiques choisies pour la présente étude ont été favorisées en raison de leur facilité d'administration, de leurs bonnes qualités psychométriques et de leur utilisation courante dans le cadre de la pratique de la neuropsychologie clinique.

Une version abrégée de la mesure du quotient intellectuel (*QI*) selon l'Échelle d'intelligence adulte de Wechsler (*Wechsler Adult Intelligence Scale-III* ou *WAIS-III*; Wechsler, 1997a) a été administrée. Cette mesure comprend sept sous-tests évaluant l'attention auditive simple (*Empan numérique*), la mémoire de travail (*Empan à rebours* et *Arithmétique*), la discrimination visuelle (*Images incomplètes*), la vitesse psychomotrice (*Substitution*), les connaissances d'ordre général (*Information*), les capacités d'abstraction (*Similitudes*) et les habiletés visuo-constructives (*Blocs*). Cette version abrégée a été préférée à l'évaluation complète du *QI* pour sa rapidité d'administration et la richesse des informations ainsi amassées. D'ailleurs, en utilisant le *WAIS-R*, Ward (1990) trouva une forte corrélation entre le *QI total* estimé par l'utilisation de ces sept sous-tests et le *QI total* issu de l'administration complète ($r = 0.98$). De même, le *QI verbal* et le *QI performance* étaient aussi estimés de manière fiable par la version abrégée du *WAIS-R* ($r = 0.97$ et 0.96 , respectivement). La version abrégée proposée par Ward a aussi été validée pour utilisation avec le *WAIS-III* (Axelrod, Ryan & Ward, 2001 ; Wymer, Rayls & Wagner, 2003). En utilisant les scores pondérés obtenus pour chaque sous-test, le *QI verbal* est estimé selon la formule suivante : $2(\text{Information} + \text{Similitudes}) + \text{Empan} + \text{Arithmétique}$, alors que le *QI performance* est estimé de la façon suivante : $2(\text{Images incomplètes} + \text{Blocs}) + \text{Substitutions}$. Les nombres de points obtenus pour le *QI verbal* et *performance* sont ensuite additionnés afin d'estimer le *QI total*. Enfin, les épreuves neuropsychologiques additionnelles visaient surtout l'évaluation de la vitesse psychomotrice (*Copie de symboles* du *WAIS-III*), les capacités attentionnelles et de concentration (*D2* et *Traçage de pistes A*), de même que les capacités

d'inhibition et de flexibilité cognitive (*Histoires en images* du WAIS-III, *Traçage de pistes B*, *STROOP interférence* et *flexibilité et usage alternatif d'objets*), lesquelles seront décrites en détail ci-après.

2.2.3.1 Description des sous-tests du WAIS-III

L'*Empan numérique* du WAIS-III a été utilisé pour mesurer les capacités attentionnelles des participants. Plus précisément, cette épreuve évalue les capacités attentionnelles simples (modalité auditive) de même que la mémoire de travail verbale. Dans un premier temps, les participants doivent répéter en ordre direct (attention simple) des séries de chiffres progressivement plus longues. Ensuite, ils doivent répéter dans l'ordre inverse (mémoire de travail) de nouvelles séries de chiffres qui se prolongent aussi progressivement. Pour ce sous-test, le critère d'arrêt est de deux échecs pour des séries de chiffres de même longueur. Le maximum de points possible est de 30.

Le sous-test *Arithmétique* du WAIS-III a aussi été choisi pour évaluer la mémoire de travail. Lors de cette épreuve, les participants doivent résoudre mentalement de simples problèmes arithmétiques dans le temps alloué alors que ceux-ci deviennent progressivement plus complexes. Le critère d'arrêt est de quatre échecs consécutifs et le nombre de points maximal est de 22.

Le sous-test *Images incomplètes* du WAIS-III a été utilisé pour inférer les capacités de discrimination visuelle des participants. Cette épreuve consiste à déterminer le détail manquant dans une image quelconque, lequel paraît progressivement moins concret. Le participant dispose de 20 secondes par image pour identifier le détail en

question et le critère d'arrêt est de cinq échecs consécutifs. Un maximum de 25 points est possible, soit un point par bonne réponse.

Les capacités visuo-constructives ont été évaluées par le biais du sous-test *Blocs* du WAIS-III. La tâche des participants consiste alors à placer les blocs mis à leur disposition selon la configuration d'un modèle présenté sur papier. La difficulté des modèles à reproduire se complexifie progressivement, les premiers modèles nécessitant quatre blocs et les suivants neuf blocs pour une reproduction adéquate et complète. Un temps limite de 30 secondes (sec), 60 sec ou 120 sec est alloué pour chaque modèle selon la complexité du modèle à exécuter, et des points supplémentaires sont offerts pour la rapidité d'exécution. Un maximum de deux points est possible pour les six premiers modèles, alors qu'un score maximal de sept points peut être alloué pour les huit modèles suivants pour un total de 68 points maximum. Le critère d'arrêt est de trois échecs consécutifs ou trois scores consécutifs de zéro.

Le sous-test *Substitutions* du WAIS-III a été utilisé comme mesure de la vitesse psychomotrice. Lors de cette épreuve, les participants doivent reproduire le symbole adéquat correspondant au bon chiffre le plus rapidement possible dans le temps alloué, soit 120 sec. Chaque chiffre de la grille doit être traité de manière séquentielle et consécutive. Une légende présentant les chiffres de un à neuf avec chacun leur symbole respectif est mis à leur disposition. Le score maximal possible est de 133 et le critère d'arrêt est de 120 secondes. Le score final tient compte du nombre de symboles correctement reproduits dans le temps alloué. Enfin, à la suite de l'épreuve, un rappel indicé des neuf symboles (i.e., *Rappel substitution*) est demandé, le score maximal possible étant donc de neuf.

Le sous-test *Copie de Symboles* du WAIS-III a aussi été administré et utilisé comme mesure de la vitesse psychomotrice. Lors de cette épreuve, les participants doivent uniquement reproduire les symboles présentés de manière séquentielle et consécutive le plus rapidement possible dans le temps alloué, soit 90 secondes. Ainsi, contrairement au sous-test substitution, il n'y a aucune association avec un chiffre à faire. Le score maximal possible est de 133 et le critère d'arrêt est de 90 secondes. Le score final tient compte du nombre de symboles correctement reproduits dans le temps alloué.

Le sous-test *Similitudes* du WAIS-III mesure la capacité d'abstraction verbale. Les participants doivent alors déterminer le lien qui existe entre deux concepts verbaux différents, par exemple un bateau et une automobile. Les concepts deviennent progressivement plus abstraits et requièrent donc de meilleures capacités d'abstraction et de conceptualisation. Deux points sont alloués pour une bonne réponse alors qu'un point est donné pour certaines réponses incomplètes. Un maximum de 33 points est possible et le critère d'arrêt est de quatre erreurs consécutives ou quatre scores consécutifs de zéro.

Le sous-test *Information* du WAIS-III évalue les connaissances générales. Ce sous-test représente généralement une bonne mesure du niveau de scolarité. Les participants doivent simplement répondre aux questions demandées. Chaque bonne réponse vaut un point, pour un maximum de 28 points et le critère d'arrêt est de six erreurs consécutives ou plutôt six scores consécutifs de zéro.

Enfin, le sous-test *Histoire en images* du WAIS-III a aussi été administré pour évaluer la capacité d'organisation perceptive, de raisonnement et de flexibilité. Ce test consiste à placer des séries d'images dans un ordre précis de sorte que les images racontent une histoire plausible. Onze séries de deux à six images chacune constituent

cette épreuve. Deux points sont alloués pour chaque série d'images réussie. Pour certaines séries, un ordre alternatif est permis et dans ce cas, un point sur deux est alloué. Un maximum de 22 points est possible et le critère d'arrêt est de quatre erreurs consécutives, définies par quatre scores consécutifs de zéro.

2.2.3.2 Description de l'épreuve neuropsychologique visant l'évaluation des capacités attentionnelles et de concentration (D2)

En plus des sous-tests tirés du WAIS-III décrits ci-haut, la tâche du *D2* a également été administrée. Celle-ci évalue entre autres les capacités de concentration de même que les capacités d'attention soutenue et sélective. Cette épreuve comporte 14 lignes présentant chacune 47 lettres, soit des 'd' et des 'p'. De plus, chaque lettre est présentée avec un ou plusieurs traits (i.e., ' ou ") qui se trouvent soit au-dessus de la lettre, soit en dessous ou les deux. La tâche du participant est alors de biffer toutes les lettres 'd' qui présentent un total de deux traits. Ces traits peuvent être tous les deux au-dessus du 'd', en dessous ou une au-dessus et une en dessous. Les participants doivent donc faire abstraction des lettres 'p' et des lettres 'd' qui présentent plus de deux ou moins de deux traits. Vingt secondes sont allouées pour chacune des 14 lignes de l'épreuve. Le nombre total d'items considérés est pris en note en dépit des erreurs commises et constitue le score brut. Les erreurs, soit le nombre d'omissions et de commissions, sont également considérées et un pourcentage d'erreurs est calculé à l'aide de ces deux scores. Enfin, l'épreuve tient également compte de l'ensemble des items considérés moins les erreurs commises. Une étude effectuée avec un échantillon de la population américaine (Bates & Lemay, 2004) a établi que l'épreuve du *D2* démontre une excellente consistance interne, avec un coefficient de Cronbach de 0.97 pour le nombre total d'items considérés ainsi que pour le nombre d'items

considérés moins le nombre d'erreurs commises et de 0.90 pour le nombre total d'erreurs commises ainsi que pour le pourcentage d'erreurs. Les résultats de cette étude soutiennent également la validité de construit de l'épreuve du *D2* comme une mesure du repérage visuel et des habiletés attentionnelles. En effet, une analyse des composantes principales a permis d'extraire certains facteurs relatifs à diverses mesures cognitives qui correspondent à une portion significative de la variance. Notamment, la vitesse de balayage visuel, qui inclut trois mesures du *D2* (nombre total d'items considérés, nombre total d'items considérés moins le nombre d'erreurs et une mesure de concentration, soit le nombre de cibles correctement biffées moins le nombre d'erreurs de commission) ainsi que le sous-test *substitution* et le *traçage de pistes A et B*, et l'efficacité du balayage, qui inclut le nombre total d'erreurs ainsi que le pourcentage d'erreur à l'épreuve du *D2*. Or, ces deux composantes principales comptent ensemble pour 43.01% de la variance totale. Les auteurs rapportent d'ailleurs une corrélation significative entre le score total (nombre total d'items considérés moins le nombre d'erreurs) et le sous-test *substitution*, la tâche de *STROOP* et le *traçage de pistes A et B*. En outre, ces résultats suggèrent que l'épreuve du *D2* est une bonne mesure de repérage visuel de même que de l'attention soutenue et sélective.

2.2.3.3 Description des épreuves neuropsychologiques visant l'évaluation des capacités d'inhibition et de flexibilité cognitive

Les capacités de concentration et d'inhibition, la tolérance à la distraction, de même que la flexibilité cognitive ont été évaluées à l'aide du *Traçage de pistes A et B*. La première étape de cette épreuve, soit le *Traçage de piste A*, consiste à relier dans l'ordre chronologique, et le plus rapidement possible, les chiffres de 1 à 25 qui sont disposés de façon aléatoire sur une feuille. Cette étape évalue donc aussi les capacités

d'attention visuelle sélective, l'exploration visuelle et la vitesse psychomotrice. Le temps d'exécution est considéré de même que le nombre d'erreurs. Ensuite, la seconde partie du test, soit le *Traçage de piste B*, consiste à relier dans l'ordre chronologique et le plus rapidement possible des chiffres et des lettres en alternant entre ces deux cibles (e.g., 1-A-2-B-3-C, etc.). Cette étape évalue donc la flexibilité cognitive de même que les capacités d'inhibition et la tolérance à la distraction. Les chiffres et les lettres sont également dispersés sur la feuille de façon aléatoire. Le temps d'exécution est considéré de même que le nombre d'erreurs. De plus, un ratio tenant compte des différences de performances entre le temps requis pour compléter la partie B et celui requis pour compléter la partie A a aussi été calculé afin d'obtenir une mesure plus fiable des capacités de flexibilité de chaque participant. En effet, un tel ratio permet d'éliminer l'effet de la vitesse psychomotrice sur la performance totale. Kortte, Horner et Windham (2002) suggèrent que la performance au *Traçage de pistes B* est une bonne mesure de la flexibilité cognitive puisque les résultats à cette épreuve corrélaient fortement au nombre d'erreurs persévératives de l'épreuve du *Wisconsin* (i.e., *Wisconsin Card Sorting Test*), soit une épreuve évaluant la flexibilité cognitive. De plus, bien que les coefficients de fiabilité varient d'une étude à l'autre, la plupart rapportent des coefficients de 0.80 et plusieurs aussi de 0.90 (Spreen & Strauss, 1998). Bien que des améliorations soient typiquement notées aux deux parties de cette épreuve lors d'une deuxième passation, la fiabilité test-retest est acceptable. La différence entre les deux performances est d'ailleurs rarement significative, surtout au *Traçage de pistes B*, en raison de gros écarts-types. Enfin, les performances (i.e., temps requis pour compléter la tâche) semblent augmenter avec chaque décennie d'âge et l'éducation influencerait fortement les performances à la partie B (Lezak, 2004).

En plus du *Traçage de pistes A et B*, les capacités d'inhibition et la flexibilité cognitive ont également été évaluées par le biais de la *Tâche d'interférence couleur-*

mot du D-KEFS ou plus précisément le *STROOP*, version quatre planches. Toutes les planches présentent les items de la même façon : 5 rangées de 10 items. La première planche présente des pastilles (50) de couleur rouge, bleu et vert. Le participant doit nommer la couleur de chaque pastille le plus rapidement possible. Ensuite, 50 noms de couleur (rouge, bleu et vert) imprimés en noir sont présentés (planche 2). Il s'agit cette fois de lire le plus rapidement possible les mots de couleur. La planche 3 (*Interférence*) de cette épreuve requiert aux participants de nommer la couleur de l'encre dans laquelle les mots de couleur sont écrits. Il s'agit donc d'inhiber une réponse automatique (lecture du mot) au profit de la réponse recherchée (nommer la couleur de l'encre). En dernier lieu, le participant doit alterner entre nommer la couleur de l'encre dans laquelle les mots de couleur sont écrits et tout simplement lire les mots de couleur lorsque ceux-ci sont encadrés (planche 4 - *Flexibilité*). En plus de la capacité d'inhibition, la flexibilité cognitive est également nécessaire lors de cette dernière étape pour performer adéquatement puisqu'il s'agit ici d'alterner entre deux consignes différentes. Pour chacune des différentes étapes de cette épreuve, le temps requis pour compléter la tâche est utilisé comme mesure de la performance de même que le nombre d'erreurs commises. De plus, un ratio tenant compte des différences de performances entre le temps requis pour compléter la condition *Interférence* (planche 3) ou la condition *Flexibilité* (planche 4) et celui requis pour la dénomination des couleurs (planche 1) a aussi été calculé afin d'obtenir une mesure plus fiable des capacités d'inhibition et de flexibilité cognitive de chaque participant. D'ailleurs, un tel ratio permet d'éliminer l'effet de la vitesse psychomotrice sur la performance totale. Lezak (2004) rapporte une fiabilité satisfaisante, bien que certaines études indiquent des effets de pratique lors d'une deuxième ou même une troisième passation. Néanmoins, les effets de pratique semblent s'estomper aux passations subséquentes et plusieurs études ne rapportent aucun effet de pratique. Enfin, un ralentissement des performances est généralement documenté avec un avancement en âge.

Enfin, la flexibilité cognitive a aussi été évaluée par le biais de l'*usage alternatif d'objets* (« alternate uses test »). Selon une étude menée par Grattan & Eslinger (1989), les performances à cette épreuve corrélaient de manière significative avec l'empathie, ce qui selon eux suggère un lien entre l'empathie et la flexibilité cognitive. En effet, dans cette étude, les chercheurs avaient trouvé une corrélation positive ($r = 0.61$, $p < 0.05$) entre les performances des sujets à l'épreuve en question et leurs réponses à l'inventaire auto-rapporté portant sur l'empathie cognitive de Hogan (1969). Lors de cette épreuve, trois objets de la vie courante (bouton, soulier, clé) sont inscrits sur une feuille et le participant doit écrire le plus grand nombre d'usage alternatif possible pour chacun de ces objets. Par exemple, un bouton pourrait être utilisé pour faire du bricolage ou pour décorer un bonhomme de neige. Le participant dispose de quatre minutes pour compléter l'épreuve et un point est alloué pour chaque bonne réponse. Aucun point n'est alloué pour les réponses correspondant à l'usage habituel de l'objet (e.g., utiliser un soulier pour faire de la course, soulier de course) et un seul point est donné pour les réponses répétitives (e.g., utiliser un bouton et une clé pour la décoration). À noter qu'avant le début de la tâche, l'examineur offre des exemples au participant avec différents objets de la vie courante afin que ce dernier saisisse bien la consigne.

2.2.4 Tâches expérimentales

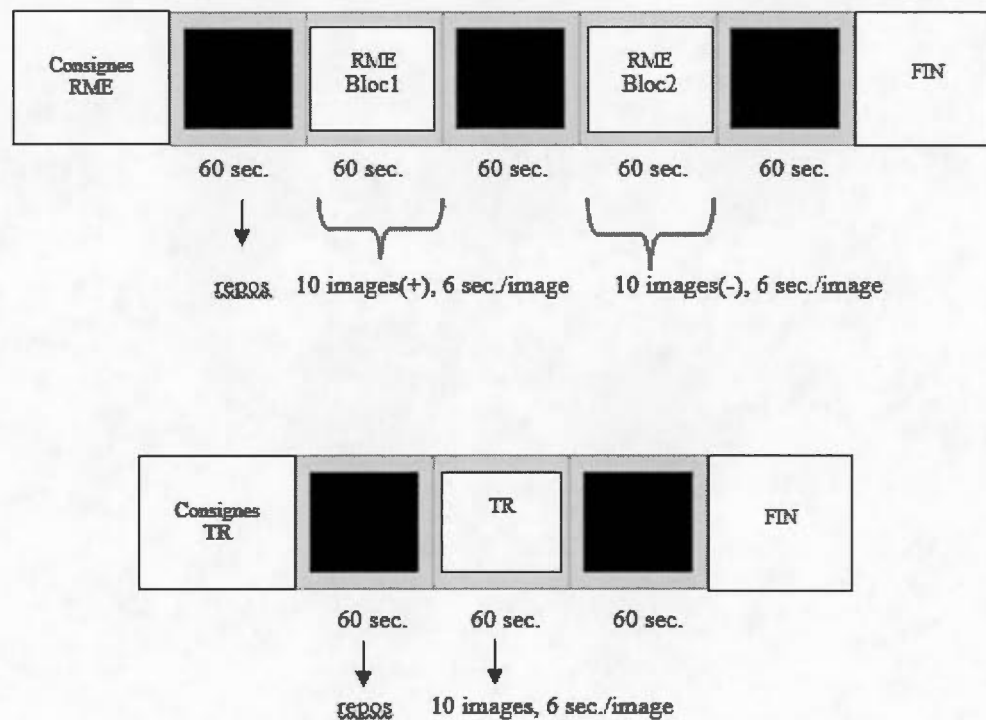
2.2.4.1 Tâche d'interprétation du Regard (*RME*) - « Reading the Mind in the Eyes »

Pendant la séance d'imagerie optique, les participants ont exécuté la tâche expérimentale *RME* (Annexe D), telle que proposée par Baron-Cohen et collègues (Baron-Cohen, Wheelwright, Hill & Plumb, 2001). Cette tâche sert à identifier les

différences subtiles dans le degré individuel de sensibilité sociale. Plus spécifiquement, elle consiste en la présentation de photographies des yeux d'une personne et le participant doit choisir parmi quatre choix de réponses le mot qui décrit le mieux ce que la personne dans la photographie ressent. L'analyse des résultats a mis en évidence une corrélation négative ($r = -0.53, p = 0.004$) entre la performance au *RME* et le « *Autism Spectrum Quotient* », soit une mesure des traits autistiques. Par ailleurs, la performance à cette épreuve était également corrélée avec les habiletés sociales ($r = 0.27, p = 0.015$) et communicatives ($r = 0.25, p = 0.027$) d'étudiants de niveau collégial. Les auteurs proposent donc que la tâche *RME* représente une bonne mesure de l'intelligence sociale, de la théorie de l'esprit et de l'empathie cognitive puisqu'il s'agit d'inférer des émotions (Baron-Cohen & Wheelwright, 2004 ; Bailey, Henry & Von Hippel, 2008). En effet, puisque le but de la tâche consiste à inférer ainsi qu'à attribuer correctement l'état d'âme et les sentiments véhiculés par la photographie des yeux d'une personne, en discriminant correctement les subtilités à partir des informations partielles, la théorie de l'esprit et l'empathie cognitive seraient nécessaires pour accomplir la tâche convenablement. Pour le but de l'étude actuelle et afin de faciliter les analyses statistiques, les images choisies ont été présentées en blocs (positif et négatif) et seulement deux choix de réponses étaient offerts aux participants. Tel que suggéré par les auteurs de l'étude originale, le mot choisi pour accompagner la bonne réponse était celui qui avait été sélectionné le moins fréquemment lors de l'étude en question par Baron-Cohen et collègues (2001). Il y avait dix images par bloc et chaque image était présentée pendant six secondes. La durée de chaque bloc était donc de 60 secondes (Herrmann, Ehli & Fallgatter, 2003). À noter que les images demeuraient sur l'écran pour la totalité du temps alloué pour répondre (six secondes) même si le participant répondait plus rapidement. Il y avait une minute de repos entre chaque bloc. La figure 2.2.1 illustre le devis expérimental pour la tâche *RME* ainsi que pour la tâche de référence. Une tâche de référence a d'ailleurs été utilisée afin de comparer les différences d'activation cérébrale par rapport à la tâche expérimentale. Celle-ci consistait en une épreuve purement

descriptive, où les participants devaient simplement identifier le genre (homme, femme) de la personne illustrée dans la photographie des yeux de la tâche *RME*. Dix images différentes de celles utilisées pour la tâche expérimentale ont été choisies (cinq hommes et cinq femmes) et celles-ci étaient également présentées aléatoirement, pendant six secondes.

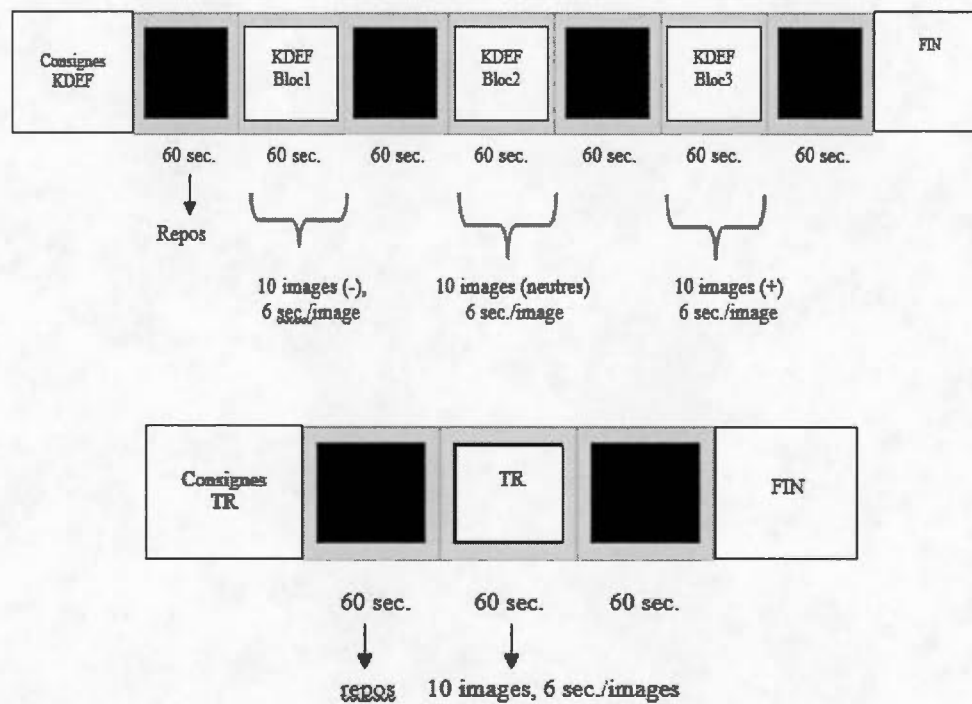
Figure 2.2.1 Devis expérimental pour la tâche *RME* ainsi que pour la tâche de référence (TR)



2.2.4.2 Karolinska Directed Emotional Faces (*KDEF*)

Finalement, pendant la séance d'imagerie optique, les participants ont également exécuté la tâche « *Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF)* », tel que proposée par Calvo & Lundqvist (2008) (Annexe E). Cette tâche est assimilable à l'empathie de type émotionnelle ou affective. Elle consiste en la présentation de visages exprimant une émotion. Plus particulièrement, les photographies choisies présentaient des visages démontrant soit de la joie, de la tristesse ou une expression neutre. Les participants devaient simplement essayer de ressentir la même émotion que celle qui était illustrée sur les visages présentés. Les images étaient présentées en bloc (tristesse, neutre, joie) et il y avait dix images par bloc, lesquelles restaient affichées sur l'écran pendant six secondes. Il y avait une minute de repos entre chaque bloc (voir figure 2.2.2 pour une illustration du devis expérimental de la tâche *KDEF* et de la tâche de référence). Les participants ont aussi effectué une tâche de référence afin de comparer les différences d'activation cérébrale par rapport à la tâche expérimentale. D'autres images issues de la tâche *KDEF* ont été utilisées à cette fin et les participants devaient simplement indiquer s'il s'agissait d'un homme ou d'une femme. Il y avait dix images (cinq hommes et cinq femmes) et celles-ci étaient présentées pendant six secondes. À noter qu'il y avait aussi une minute de repos entre les deux tâches expérimentales. Enfin, une fois cette tâche terminée, les participants devaient indiquer sur une échelle de un à dix, jusqu'à quel point ils avaient été en mesure de ressentir l'émotion démontrée sur les visages des photographies présentées (un signifiant pas du tout et dix tout à fait).

Figure 2.2.2 Devis expérimental pour la tâche *KDEF* ainsi que pour la tâche de référence (TR)



2.3 Procédure

2.3.1 Pré-expérimentation

Avant le début de l'étude, 20 personnes ont participé à la pré-expérimentation qui consistait à classer les images de la tâche *RME* selon la valence de l'expression

émotionnelle illustrée (i.e., positive ou négative). Au final, les images choisies étaient celles identifiées comme positives ou négatives par au moins 80% des participants à cette étape. Les images ainsi sélectionnées ont été divisées en deux blocs (positif et négatif) de dix images chacun pour la présentation de la tâche pendant la séance d'imagerie optique.

En ce qui concerne le choix des images de la tâche *KDEF*, nous nous sommes référés à l'étude originale par Calvo & Lundqvist (2008) qui s'intéressait au temps requis pour l'identification adéquate de l'expression émotionnelle présentée sur des photographies par un échantillon d'étudiants en psychologie au 1^{er} cycle. Les images sélectionnées pour notre étude sont parmi celles adéquatement identifiées par au moins 91% des participants au temps de présentation de 500 msec.

2.3.2 Déroulement de l'expérience

Tous les participants ont été rencontrés à l'Unité de Neuroimagerie Fonctionnelle (UNF) de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal (IUGM) pour une rencontre d'environ deux heures. Tous les participants ont d'abord été informés des caractéristiques précises relatives à l'étude et ont par la suite signé un formulaire de consentement (Annexe F). Ce formulaire indique notamment que les données recueillies demeurent confidentielles et anonymes, particulièrement en ce qui concerne la divulgation des résultats et les données nominales, et que le participant pouvait retirer sa participation à l'étude en cours en tout temps, peu importe la raison et sans aucun préjudice. Le formulaire indiquait également que la chercheuse pouvait mettre fin à la séance/à l'étude lorsqu'elle le jugerait approprié. La rencontre a ensuite débuté par l'administration des questionnaires d'empathie, ce qui servait à

établir le niveau individuel d'empathie des participants. Ensuite, les participants âgés ont complété le MoCA, puis la rencontre s'est enchaînée avec l'administration de la batterie de tests neuropsychologiques. Finalement, les participants ont exécuté les tâches expérimentales (*RME* et *KDEF*) ainsi que les tâches de référence respectives (indiquer le genre de la personne illustrée dans les images issues des tâches expérimentales) alors qu'ils étaient assis confortablement à environ 50 cm de distance de l'écran d'ordinateur où les photographies apparaissaient.

Lors de l'exécution des tâches expérimentales et des tâches de référence, les concentrations cérébrales d'hémoglobine oxygénée (HbO^2) et dé-oxygénée (HbR) étaient mesurées à l'aide d'un appareil d'imagerie optique proche infrarouge. Pour la tâche *RME*, deux choix de réponse étaient offerts (voir section 2.2.4.1) et les participants répondaient en appuyant sur une des deux touches cibles du clavier de l'ordinateur, lesquelles étaient identifiées à l'aide d'un autocollant de couleur. À noter que l'emplacement des bonnes réponses, soit à gauche ou à droite de l'image, était contrebalancé. De plus, l'acquisition des données a été effectuée en blocs aléatoires pour chaque tâche expérimentale, sauf pour la condition neutre de la tâche *KDEF* qui était toujours présentée entre le bloc positif et négatif et l'ordre de passation des épreuves a aussi été contrebalancé (voir section 2.2.4.1 et 2.2.4.2 pour une illustration du devis expérimental). Notons enfin que chaque participant a exécuté un essai d'entraînement avec les tâches expérimentales (*RME* et *KDEF*) avant l'expérimentation officielle. Lors de cet entraînement, une séance écourtée des tâches présentées à l'ordinateur a été effectuée afin de permettre aux participants de se familiariser avec le déroulement des tâches, la nature des images et les temps de réponse demandés. Les essais d'entraînement ont été présentés de la même façon que la séance expérimentale réelle et comportaient donc les consignes pour chacune des tâches de même que les temps de repos. Les séances d'entraînement écourtées comportaient deux images de chaque bloc pour chacune des deux tâches plutôt que

dix images. Lors de l'entraînement, les participants étaient encouragés à poser toutes questions pertinentes afin de clarifier leur compréhension des tâches présentées et du déroulement de l'expérience. Ils étaient également invités à trouver une position confortable puisqu'une fois la tâche expérimentale lancée, les participants étaient priés de ne pas bouger, à l'exception des mouvements des index de chaque main pour sélectionner la réponse adéquate sur le clavier de l'ordinateur.

2.3.3 Protocole d'acquisition en imagerie optique

Les données en imagerie optique ont été recueillies à l'aide d'un appareil CW32 à huit canaux (TechEn) composés de fibres optiques (optodes) positionnées sur le cuir chevelu de chaque participant. L'imagerie optique est une méthode d'imagerie in vivo non invasive qui permet d'observer les activations corticales relatives par le biais de ces fibres optiques émettant une lumière infrarouge. La lumière infrarouge émise par la source illumine localement le cerveau, à travers le crâne, et des capteurs (détecteurs) détectent la lumière diffuse à une certaine distance. La distance entre les sources et les détecteurs était de trois centimètres (cm), ce qui permet à la lumière de pénétrer les tissus à une distance approximative de deux ou trois cm (Toronov et al., 2001). Or, la lumière infrarouge est absorbée par l'hémoglobine à un degré relatif du niveau d'oxygénation présent dans la région d'intérêt, soit la région entre le point d'émission du spectre infrarouge et le capteur de cette luminosité. Dix optodes ont été utilisés, soit deux sources de lumière (S1-S2 et S3-S4) et huit détecteurs, pour un total de quatre paires sources-détecteurs par hémisphère. Les paires une à quatre ciblaient spécifiquement l'hémisphère droit alors que les paires cinq à huit étaient positionnées au niveau de l'hémisphère gauche (Figure 2.3.1). Les régions d'intérêt, particulièrement le cortex préfrontal dorsolatéral (CPFDl), ont été ciblées à l'aide d'un

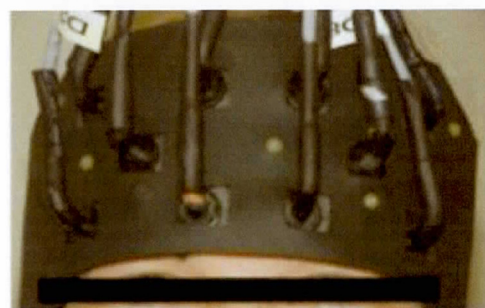
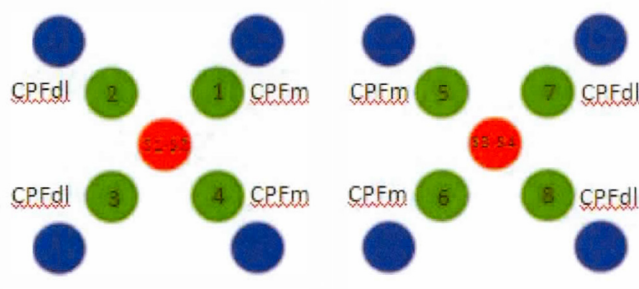
casque EEG (Figure 2.3.1). En plus des fibres optiques positionnées spécifiquement en région dorsolatérale, les optodes couvraient l'ensemble de la région préfrontale et inférieurement jusqu'à la région fronto-polaire selon le système international 10/20 proposé par Jasper (1958). Deux longueurs d'ondes infrarouge ont été utilisées (690 nm et 830 nm), lesquelles sont respectivement plus sensibles à HbO² et HbR, et ce afin de permettre la discrimination fonctionnelle du sang oxygéné et du sang dé-oxygéné. L'intensité lumineuse infrarouge appliquée au niveau du cuir chevelu était en dessous des normes ANSI d'exposition de la peau aux radiations (200 mW pour la lumière infrarouge).

Le fonctionnement de l'imagerie optique repose sur le principe qu'une augmentation de l'activité cérébrale locale engendre une augmentation de la métabolisation de l'oxygène ainsi qu'une augmentation du flot sanguin cérébral de la région précise sollicitée par la tâche, ce qui se traduit par une augmentation de la concentration de HbO² et une diminution de la concentration de HbR. L'imagerie optique est une technique d'imagerie facile à administrer. Elle est peu coûteuse relativement à l'IRMf et elle ne pose aucun facteur de risque pour la santé des participants. Cette technique d'imagerie représente une méthodologie plus sensible aux changements relatifs d'oxygène et offre une meilleure résolution temporelle que l'IRMf (Cui, Bray, Bryant, Glover & Reiss, 2011). De plus, bien que la qualité du signal paraisse davantage variable pour l'imagerie optique en comparaison à l'IRMf, les auteurs rapportent tout de même que les mesures de chaque technique sont hautement corrélées.

Ainsi, selon l'hypothèse de la réorganisation fonctionnelle du cerveau lors du vieillissement, notamment par la réduction de l'asymétrie cérébrale (*HAROLD*), les changements ou différences de concentration de HbO² et de HbR ont été mesurés lors des tâches expérimentales, pour les régions dorsolatérale et médiane du lobe

préfrontal des deux hémisphères, et comparés aux différences de concentration obtenues lors des tâches de référence respectives. Les changements de concentration ainsi calculés ont par la suite été comparés entre les deux hémisphères. Enfin, les activations cérébrales obtenues suite aux deux tâches expérimentales ont aussi été comparées afin de déterminer si l'empathie cognitive et émotionnelle représente des systèmes indépendants. Il est à noter qu'une mesure de base (au repos) a aussi été recueillie avant le début des tâches expérimentales. De plus, les périodes de repos entre chaque bloc des deux tâches expérimentales permettaient un retour au niveau de base afin de bien être en mesure de délimiter l'activation propre au bloc en particulier (voir figures 2.2.1 et 2.2.2 pour un rappel des devis expérimentaux de chaque tâche).

Figure 2.3.1 Emplacement des sources (rouge) et des détecteurs (vert) positionnés bilatéralement au niveau du cortex préfrontal tel qu'illustré à droite de l'image (Kahlaoui et al., 2012)



2.4 Analyse des données et statistiques

2.4.1 Analyse des données comportementales

Les performances aux questionnaires d'empathie (*EQ*, *EC* et *PT* de l'IRI) ont d'abord été examinées afin de déterminer si le groupe de participants âgés pouvait se distinguer en deux profils de performances. Pour ce faire, un seuil a été déterminé en tenant compte de la moyenne obtenue par le groupe de participants âgés pour chacun des questionnaires administrés, et ce, afin de former deux sous-groupes équivalents. Un test de comparaison des moyennes (test *t* de Student) a ensuite permis de comparer les sous-groupes ainsi constitués. Cependant, bien que les sous-groupes ainsi constitués présentaient des performances significativement différentes au questionnaire *EQ*, les performances étaient similaires entre les deux sous-groupes aux questionnaires *EC* et *PT*. De plus, aucun des deux sous-groupes de participants âgés constitués sur la base des performances au questionnaire *EQ* n'était statistiquement différent du groupe de jeunes participants. Les critères préétablis pour la constitution des sous-groupes de participants âgés n'ont donc pas été respectés. Pour ces raisons, les analyses subséquentes ont plutôt été effectuées sur la base d'appartenance aux deux groupes de participants initiaux, soit les participants jeunes et âgés.

Des analyses préliminaires ont été réalisées sur les données comportementales, soit le nombre de bonnes réponses à la tâche *RME* ainsi que les résultats obtenus aux épreuves neuropsychologiques et aux questionnaires, afin de vérifier la normalité des distributions, l'homogénéité des variances entre les groupes ainsi que la présence de valeurs aberrantes. La majorité des variables recueillies présente une distribution normale, à l'exception des variables concernant les épreuves suivantes : *Traçage de piste B*, *Indice B-A* du *Traçage de pistes*, le pourcentage d'erreurs commises à

l'épreuve du *D2* et *Copie de Symboles* du WAIS-III. Lorsque le test de normalité Kolmogorov-Smirnov était significatif, la distribution des données a été explorée visuellement par l'auteure principale de l'étude ainsi que par une autre personne détenant une expertise spécifique en matière d'analyses statistiques. Compte tenu de la faible taille de l'échantillon, nous avons accepté une légère déviation de la normalité. Ainsi, lorsque la distribution semblait suivre une distribution relativement symétrique autour de la moyenne sans présence de données aberrantes, les analyses ont été poursuivies à l'aide des tests *t* de Student avec les données sans appliquer de transformation. Toutefois, lorsque la courbe était clairement anormale, une transformation a été appliquée sur ces données (log en base 10 ou racine carrée, selon le cas). Les analyses ont par la suite été poursuivies avec les tests *t* de Student sur les variables transformées. Pour certaines variables, dont notamment pour le nombre d'erreurs commises au *Traçage de piste A et B*, le nombre d'erreurs commises à la tâche *Interférence* et *Flexibilité* de l'épreuve *STROOP*, ainsi que la performance au sous-test *Copie de Symboles* du WAIS-III, un test du chi-carré a plutôt été effectué afin de déterminer si la fréquence de distribution de chaque groupe est statistiquement significative. Pour ce faire, les variables en question ont préalablement été dichotomisées. Les participants ont donc été attribués un score de 0 (aucune erreur) ou 1 (une erreur ou plus) pour les variables concernant le nombre d'erreurs commises à une tâche. Similairement, pour la performance à l'épreuve *Copie de Symboles*, les participants ont été attribués un score de 0 lorsqu'ils avaient réussi à compléter les 133 items de l'épreuve ou un score de 1 lorsqu'ils avaient complété 132 items ou moins. À noter que pour les variables sur lesquelles un test du chi-carré a été effectué, le pourcentage associé au nombre de participants de chaque groupe ayant commis des erreurs, donc ceux pour lesquels un score de 1 a été attribué, est rapporté comme mesure descriptive. Similairement, pour l'épreuve *Copie de Symboles*, le pourcentage rapporté est celui associé au nombre de participants ayant complété moins de 132 items, donc celui associé au nombre de participants ayant été attribué un score de 1. Enfin, les résultats d'un participant âgé à certaines épreuves neuropsychologiques se

situaient à plus de 2.5 écart-type sous la moyenne de son groupe d'âge. Les données de ce participant ont donc dû être exclues des analyses subséquentes puisque les données extrêmes sont peu représentatives du groupe et peuvent biaiser les analyses statistiques et les conclusions générées par la suite.

Ainsi, pour les données comportementales présentant une distribution normale, des tests de comparaison de moyennes (test *t* de Student) ont permis la comparaison des groupes sur ces mesures. Des analyses de corrélation ont également été effectuées, dans une démarche purement exploratoire, afin de vérifier si les résultats obtenus aux épreuves neuropsychologiques administrées, corrélaient aux performances obtenues lors des questionnaires ainsi qu'aux résultats obtenus lors des tâches expérimentales. De plus, un test des différences effectué sur les corrélations significatives a permis de déterminer s'il existe une différence réelle entre les groupes à l'égard de ces variables (Guilford, 1965). Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS, Version 19.

2.4.2 Analyse des données d'imagerie optique

Tel que décrit précédemment, l'imagerie optique examine la différence d'absorption lumineuse des tissus. Or, l'absorption de lumière dépend du niveau d'oxygénation présent dans le tissu cible. Plus précisément, un faisceau de lumière infrarouge est émis d'une source lumineuse placée sur la tête d'un participant, et ce même faisceau est capté par un détecteur situé à trois cm de la source en question. La quantité de lumière rejoignant ce point est ensuite mesurée. Puis, cette valeur est calculée et convertie en une mesure du niveau d'hémoglobine à l'aide de la loi modifiée de Beer-Lambert (Kurth & Uher, 1997).

La présentation des tâches a été effectuée à l'aide du logiciel E-prime, Version 1.0, (Schneider, Eschman & Zuccolotto, 2001). Les logiciels Fromer, soit une version simplifiée du logiciel HomER (Hemodynamic Evoked Response), ainsi que Matlab ont ensuite permis l'extraction des données HbO^2 et HbR . Pour chaque bloc d'acquisition de 60 secondes, l'appareil d'imagerie optique enregistrait 655 points d'activation de chaque mesure d'hémoglobine (HbO^2 et HbR). Ces données étaient ensuite transmises à un ordinateur pour filtrage, à l'aide d'une bande passante variant de 0.08 à 0.001 Hz. Ce filtre avait pour fonction d'éliminer le plus possible les activations dues aux différents artéfacts comme la respiration, le débit cardiaque ou tout autre mouvement susceptible de créer artificiellement un faux positif. Les données brutes (courbes d'activation formées par les 655 points de données recueillies) ont aussi été scrutées visuellement afin de détecter les artéfacts restants, et ce, pour chaque condition et chaque participant. Les activations présentant des artéfacts résiduels après la filtration ont été éliminées des analyses statistiques subséquentes (Köchel, Plichta, Schäfer, Leutgeb, Scharmüller, Fallgatter & Schienle, 2011).

Par la suite, une moyenne des 655 points d'activation (séparément pour HbO^2 et HbR) a été calculée pour chacune des huit paires source-détecteur à toutes les conditions expérimentales et contrôles (chaque bloc, périodes de repos combinées et tâche de référence) et ce, pour tous les participants. Ces moyennes d'activation ont par la suite été utilisées pour les analyses statistiques. Plus spécifiquement, afin de déterminer les différences d'activation entre les deux groupes (personnes âgées et jeunes adultes), nous avons comparé l'activation préfrontale obtenue aux blocs positif et négatif de chacune de nos deux tâches expérimentales (*RME* et *KDEF*) à l'activation obtenue en réponse à la tâche contrôle correspondante. Les valeurs moyennes de concentration de HbO^2 et de HbR ont donc été considérées lors de ces analyses, lesquelles ont été obtenues en calculant la valeur moyenne de HbO^2 et de

HbR pour chaque hémisphère (paires une à quatre pour l'hémisphère droit (HD) et paires cinq à huit pour l'hémisphère gauche (HG); (voir Figure 2.3.1 pour l'emplacement exact des paires sources-détecteurs), de même que pour chacun des blocs des deux tâches expérimentales et des tâches contrôles respectives. À cet effet, les valeurs moyennes de HbO^2 et de HbR tenaient compte du temps total de chaque bloc, soit plus précisément 60 secondes.

Des analyses préliminaires ont été réalisées sur les données d'imagerie optique, soit précisément les valeurs HbO^2 et HbR obtenues en réponse aux tâches expérimentales, afin de vérifier la normalité des distributions, l'homogénéité des variances entre les groupes ainsi que la présence de valeurs aberrantes. La majorité des variables recueillies présentait une distribution normale. Compte tenu de la faible taille de l'échantillon, nous avons accepté une légère déviation de la normalité. Cependant, lorsque le test de normalité Kolmogorov-Smirnov était significatif, la distribution des données a été explorée visuellement par l'auteure principale de même qu'une personne détenant une expertise spécifique en matière d'analyse de données IO. La présence de quelques données extrêmes a été notée pour certaines conditions. Les participants pour lesquels des données extrêmes étaient notées ont été enlevés des analyses effectuées sur les conditions en question. Les analyses ont par la suite été poursuivies à l'aide d'analyses de variance (ANOVA) avec les données sans appliquer de transformation.

En premier lieu, des ANOVA de type Groupe (2) x Hémisphère (2) x Condition (4) à mesures répétées pour les facteurs Hémisphère (gauche vs droit) et Condition (positive, neutre, négative et contrôle) ont été effectuées avec la variable groupe comme facteur inter-sujet sur les moyennes d'activation de HbO^2 et de HbR.

Afin de préciser davantage la latéralisation des activations, les analyses ont aussi été conduites en fonction de certaines paires spécifiques, soit les paires situées à chaque extrémité du casque (paires latérales) et celles situées au niveau du point central (paires médianes). Ainsi, des ANOVA de type Groupe (2) x Hémisphère (2) x Condition (4) à mesures répétées pour les facteurs Hémisphère (gauche vs droit) et Condition (positive, neutre, négative et contrôle) ont été réalisées avec la variable groupe comme facteur inter-sujet. Une première analyse opposait les régions latérales : latérale gauche (paires # sept-huit) vs latérale droite (paires # deux-trois) et une seconde comparait les régions médianes : médiane gauche (paires # cinq-six) vs médiane droite (paires # une-quatre) du facteur hémisphère. Enfin, lorsque les résultats étaient significatifs pour un hémisphère en particulier ou pour une condition spécifique, des tests *t* de Student ont été effectués afin d'approfondir la portée des résultats, soit notamment en comparant les paires pour déterminer lesquelles étaient plus spécifiquement sollicitées par une condition quelconque.

Finalement, des ANOVA de type Condition (2) x Groupe (2) à mesures répétées pour le facteur Condition (positive et négative) ont aussi été réalisées afin de comparer la *latence* des jeunes et des personnes âgées avant qu'une amplitude maximale d'activation (HbO_2) soit atteinte. La *latence* avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte a été calculée pour chacune des huit paires sources-détecteurs, ainsi que pour chaque condition expérimentale ciblée, et la moyenne des huit paires a été utilisée pour les analyses.

Par ailleurs, afin de préciser s'il y a asymétrie des activations au niveau du cortex préfrontal lors des différentes conditions (positive et négative) de chaque tâche expérimentale (*KDEF* et *RME*), un indice de latéralité a aussi été calculé pour HbO_2 à l'aide de l'opération suivante: $(R-L)/(R+L)$ (Minagawa-Kawai et al., 2009), où *R* indique la valeur maximale d'activation de HbO_2 pour les paires source-détecteur de

l'hémisphère droit (paires une à quatre), et où L indique la valeur maximale d'activation de HbO_2 pour les paires source-détecteur de l'hémisphère gauche (paires cinq à huit). Un indice de latéralité plus grand que zéro suggère une activation préférentielle de la région préfrontale de l'hémisphère droit alors qu'un indice de latéralité plus petit que zéro ou négatif suggère plutôt une activation préférentielle du cortex préfrontal de l'hémisphère gauche. Enfin, des analyses de corrélation ont également été effectuées, dans une démarche purement exploratoire, afin de vérifier si les résultats obtenus aux questionnaires d'empathie ainsi qu'à la tâche expérimentale *RME* corrélaient aux activations IO (HbO_2 et HbR) enregistrées lors des tâches expérimentales (*KDEF* et *RME*). Enfin, un test des différences effectué sur les corrélations significatives a permis de déterminer s'il existe une différence réelle entre les groupes à l'égard de ces variables (Guildford, 1965).

2.5 Considérations Éthiques

Des mesures ont été prises afin de faire face à d'éventuelles découvertes fortuites. Ainsi, dans la mesure où un participant âgé obtenait un score inférieur à 26 à l'épreuve du MoCA (score seuil pour suggérer la présence de difficultés cognitives), celui-ci était dirigé, avec son accord, vers son médecin de famille. Le médecin en question pouvait par la suite communiquer avec nous au besoin.

CHAPITRE III

RÉSULTATS

À noter que les analyses statistiques ont été réalisées avec les scores bruts obtenus aux épreuves administrées et non pas avec les scores pondérés.

3.1 Résultats comportementaux

3.1.1 Données descriptives

Le Tableau 3.1.1 précise les données descriptives pour chaque groupe. Les résultats démontrent qu'il n'y a aucune différence significative entre les deux groupes pour le nombre d'années de scolarité ($t_{33} = 1.2, p = 0.239$) ni pour le *QI total* ($t_{33} = -1.660, p = 0.107$), quoiqu'une différence significative ait été notée pour le *QI verbal* (*QIV*), les participants âgés obtenant un score significativement plus élevé que les jeunes ($t_{33} = -2.180, p < 0.05$). Aucune différence n'a toutefois été notée entre les deux groupes pour le *QI performance* (*QIP*) ($t_{33} = -0.660, p = 0.513$). À noter que la différence perçue entre les deux groupes pour le QI verbal est en partie attribuable à la différence significative observée au sous-test *Information* du WAIS-III ($t_{33} = -2.153, p < 0.05$), où les participants âgés ont mieux performé ($M = 22.47, ET = 3.97$) que les jeunes ($M = 19.83, ET = 3.26$).

Tableau 3.1.1 Données descriptives, scolarité et QI pour le groupe de personnes âgées ainsi que les jeunes adultes

Données Descriptives	Âgés (n=17) M (ET)	Jeunes (n=18) M (ET)	<i>p</i>
Nb. Femmes	15	15	
Nb. Hommes	2	3	
Âge	65.59 (5.33)	26.94 (3.72)	
Scolarité	15.12 (2.74)	16.06 (1.83)	0.239
<i>QI</i>	116.12 (13.67)	108.89 (12.11)	0.107
<i>QIV</i>	117.29 (13.08)	108.44 (10.90)	0.037*
<i>QIP</i>	110.88 (15.15)	107.5 (15.10)	0.513
Sous-test <i>Information</i> (score brut)	22.47 (3.97)	19.83 (3.26)	0.039*

* $p < 0.05$

3.1.2 Questionnaires

Rappelons d'abord qu'il n'a pas été possible d'obtenir deux sous-groupes de participants âgés se distinguant de manière fiable sur la base de leurs performances aux questionnaires d'empathie. En effet, deux sous-groupes de participants âgés ont pu être constitués sur la base des performances obtenues au questionnaire *EQ* ($t_{33} = 2.131, p = 0.001$), mais pas sur la base des performances obtenues aux questionnaires

EC ($t_{15} = 2.131, p = 0.446$) et *PT* ($t_{15} = 2.131, p = 0.858$). Par ailleurs, chacun des deux sous-groupes de participants âgés constitués sur la base des performances au questionnaire *EQ* était statistiquement similaire au groupe de jeunes participants ($t_{25} = 2.060, p = 0.100$; $t_{24} = 2.064, p = 0.113$). Les analyses ont donc été poursuivies avec un seul groupe de participants âgés.

Aux questionnaires d'empathie, aucune différence n'a été décelée entre les groupes (Tableau 3.1.2). En effet, le score total obtenu au *EQ* est sensiblement le même chez tous les participants, âgés comme jeunes ($t_{33} = -0.082, p = 0.935$). Le profil des performances est tout autant similaire lorsqu'il est question de l'échelle *PT* de l'IRI ($t_{33} = -0.005, p = 0.996$). Enfin, il n'y a pas de différence significative entre les groupes pour les performances obtenues à l'échelle *EC* de l'IRI ($t_{33} = -0.165, p = 0.870$).

Tableau 3.1.2 Moyennes et (écarts-types) obtenus aux questionnaires d'empathie (*EQ* = Quotient Empathique, *EC* = souci empathique de l'IRI, *PT* = prise de perspective de l'IRI) pour les participants âgés et jeunes

Questionnaire	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	<i>p</i>
<i>EQ</i> (score brut)	44.76 (9.85)	44.44 (13.05)	0.935
<i>EC</i> (score brut)	20.06 (5.80)	19.78 (4.21)	0.870
<i>PT</i> (score brut)	18.65 (4.73)	18.64 (4.78)	0.996

3.1.3 Tâches expérimentales

3.1.3.1 RME

Les résultats ne démontrent aucune différence entre les groupes pour le nombre de bonnes réponses obtenues à l'épreuve *RME* (Tableau 3.1.3). En effet, les participants âgés obtiennent une performance similaire à celle des jeunes lors de la condition positive, ou plutôt lorsqu'il s'agit de déterminer l'émotion à valence positive ($t_{33} = -0.130, p = 0.898$). De même, bien que les jeunes obtiennent à première vue une performance légèrement meilleure que les participants âgés lors de la condition négative, il n'y a pas de différence significative entre les groupes lorsqu'il s'agit de déterminer l'émotion à valence négative ($t_{33} = 1.341, p = 0.189$).

3.1.3.2 KDEF

Enfin, l'appréciation des participants en réponse à l'émotion ressentie suite au visionnement des photographies de la tâche *KDEF* ne diffère pas entre les groupes (Tableau 3.1.3). Les participants âgés et les jeunes rapportent une appréciation similaire pour les images de la condition négative, la différence n'étant d'ailleurs pas significative ($t_{33} = 0.215, p = 0.831$). L'appréciation est également similaire entre les deux groupes pour la condition positive et la différence est une fois de plus non significative ($t_{33} = -1.458, p = 0.154$). Finalement, les photographies du bloc neutre ont également été jugées de façon identique entre les participants du groupe âgé et ceux du groupe jeune ($t_{33} = -0.068, p = 0.956$).

Tableau 3.1.3 Moyenne et (écarts-types) obtenus aux conditions positive (+) et négative (-) de l'épreuve *RME* et selon l'appréciation personnelle aux trois conditions de l'épreuve *KDEF* pour chaque groupe

Épreuve	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	<i>p</i>
<i>RME+</i> (/10)	8.00 (1.17)	7.94 (1.35)	0.898
<i>RME-</i> (/10)	7.65 (2.47)	8.56 (1.42)	0.189
<i>KDEF</i> _Tristesse (/10)	7.38 (1.80)	7.5 (1.42)	0.831
<i>KDEF</i> _Neutre (/10)	6.62 (2.31)	6.67 (1.95)	0.946
<i>KDEF</i> _Joie (/10)	8.79 (1.17)	8.11 (1.56)	0.154

3.1.4 Épreuves Neuropsychologiques

À noter que dans certains cas, l'homogénéité des variances n'a pas été respectée. Les degrés de liberté corrigés (test de *Levene*) et la valeur statistique *t* associée sont donc rapportés dans ces cas.

3.1.4.1 Fonctions attentionnelles et mémoire de travail

À noter que le Tableau 3.1.4.1 précise les moyennes et écarts-types obtenus par chaque groupe aux épreuves évaluant les fonctions attentionnelles ainsi que la

mémoire de travail et résume aussi les résultats des analyses statistiques effectuées sur ces données. La mémoire de travail et les capacités attentionnelles lors de l'enregistrement passif d'informations auditivo-verbales ne diffèrent pas entre les deux groupes lorsqu'il s'agit de répéter une série de chiffres dans l'ordre direct ou indirect au sous-test *Empan numérique* du WAIS-III ($t_{33} = 0.112, p = 0.912$). De même, les performances sont similaires entre les participants âgés et jeunes lorsqu'il est question de résoudre de simples opérations mathématiques au sous-test *Arithmétique* ($t_{33} = 0.554, p = 0.583$). En contrepartie, les capacités d'attention soutenue et sélective à l'épreuve du *D2* diffèrent significativement entre les deux groupes lorsque le nombre total d'items traités est considéré ($t_{33} = 3.250, p < 0.01$). Néanmoins, le nombre d'erreurs commises lors de cette épreuve n'est pas significativement différent entre les personnes âgées et les jeunes ($t_{33} = -0.590, p = 0.559$). Le profil de performance à l'épreuve du *D2* suggère donc un traitement de l'information plus lent chez les personnes âgées. Enfin, les performances lors du rappel des symboles présentés pendant la tâche substitutions (*Rappel Substitutions*) sont significativement inférieures chez les participants âgés en comparaison aux performances des jeunes ($t_{33} = 2.423, p < 0.05$).

Tableau 3.1.4.1 Moyennes et (écarts-types) obtenus par chaque groupe aux épreuves évaluant les fonctions attentionnelles et la mémoire de travail

Épreuve	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	<i>p</i>
<i>Empan numérique</i> (score brut)	17.29 (4.27)	17.44 (3.68)	0.912
<i>Arithmétique</i> (score brut)	15.24 (2.66)	15.78 (3.10)	0.583
<i>Rappel Substitution</i> (/9)	5.94 (2.22)	7.5 (1.54)	0.021*
<i>D2</i> (nb. Items considérés)	410.18 (97.28)	498.22 (59.60)	0.003**
<i>D2</i> (% erreurs)	4.274 (5.204)	3.073 (2.430)	0.559

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3.1.4.2 Vitesse de traitement de l'information et vitesse psychomotrice

Les performances au sous-test *Substitutions* diffèrent de manière significative entre les deux groupes ($t_{33} = 6.021$, $p < 0.001$; Tableau 3.1.4.2), de sorte que les participants âgés complètent un nombre significativement inférieur de cases que les jeunes participants. Par ailleurs, la performance des participants âgés est tout autant significativement inférieure à celle des jeunes à l'épreuve *STROOP* lorsqu'il est question de nommer la couleur des pastilles ($t_{33} = -5.587$, $p < 0.001$), de même que lorsqu'il s'agit de simplement lire les mots de couleur ($t_{26.6} = -2.656$, $p < 0.05$). Les participants âgés sont en effet plus lents que les jeunes pour compléter ces tâches. De plus, le traçage de pistes A est aussi exécuté plus lentement par les participants âgés que par les jeunes, la différence étant une fois de plus significative ($t_{33} = -4.339$, $p < 0.001$). Cependant, un nombre plus élevé de jeunes participants commet des erreurs à

cette épreuve ($\chi^2 = 4.118, p < 0.05$). Enfin, un nombre significativement supérieur de jeunes participants réussit à compléter le sous-test *Copie de symboles* du WAIS-III en entier, soit les 133 items ($\chi^2 = 5.106, p < 0.05$), ce qui suggère qu'ils sont plus rapides à compléter l'épreuve.

Tableau 3.1.4.2 Moyennes et (écarts-types) obtenus par chaque groupe aux épreuves évaluant la vitesse de traitement de l'information

Épreuve	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	<i>p</i>
<i>Substitution</i> (score brut)	68.71 (13.24)	94.33 (11.94)	0.000***
<i>Copie de Symboles</i> (% de participants ayant complété les 133 items)	47.1%	83.3%	0.024*
STROOP <i>couleur</i> (temps en sec.)	31.06 (4.49)	24.22 (2.53)	0.000***
STROOP <i>mot</i> (temps en sec.)	21.88 (3.16)	19.5 (1.98)	0.013*
<i>Traçage de piste A</i> (temps en sec.)	33.41 (8.36)	22.5 (6.45)	0.000***
<i>Traçage de piste A</i> (% de participants ayant commis au moins 1 erreur)	5.9%	33.3%	0.042*
* $p < 0.05$ *** $p < 0.001$			

3.1.4.3 Fonctions perceptuelles et visuo-constructives

Les participants âgés et jeunes obtiennent une performance similaire au sous-test *Images Incomplètes* du WAIS-III lorsqu'il s'agit d'identifier un détail manquant ($t_{33} = 1.942, p = 0.061$; Tableau 3.1.4.3). Par contre, les capacités visuo-constructives

diffèrent entre les deux groupes au sous-test *Blocs* ($t_{33} = -2.460, p < 0.05$), alors que les participants âgés performant significativement moins bien que les jeunes.

Tableau 3.1.4.3 Moyennes et (écarts-types) obtenus par chaque groupe aux épreuves visuo-perceptuelles et visuo-constructives

Épreuve	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	<i>p</i>
<i>Images Incomplètes</i> (score brut)	19.82 (2.22)	21.33 (2.38)	0.061
<i>Blocs</i> (score brut)	39.53 (8.43)	48.56 (12.71)	0.019*

* $p < 0.05$

3.1.4.4 Fonctions exécutives

Au niveau des capacités d'abstraction, les participants âgés obtiennent des performances similaires à celles des jeunes au sous-test *Similitudes* du WAIS-III, lesquelles ne diffèrent pas de manière significative ($t_{33} = -0.301, p = 0.765$). Par ailleurs, les participants âgés démontrent des capacités de raisonnement significativement inférieures à celles des jeunes lors du sous-test *Histoires en Images* du WAIS-III ($t_{33} = 2.424, p < 0.05$). De plus, à la tâche *Interférence* du STROOP, les participants âgés prennent significativement plus de temps pour compléter la tâche que les jeunes lorsqu'il s'agit de nommer la couleur de l'encre dans laquelle les mots de couleur sont écrits ($t_{33} = -4.927, p < 0.001$). D'ailleurs, le Indice *Interférence – Couleur* est significativement plus grand chez les participants âgés ($t_{33} = -3.139, p <$

0.01), ce qui suggère qu'ils présentent des capacités d'inhibition inférieures à celles des jeunes. Notons toutefois que les participants âgés ne commettent pas plus d'erreurs que les jeunes lors de cette épreuve ($\chi^2 = 1.446, p = 0.229$). Les capacités de flexibilité cognitive paraissent également inférieures chez les participants âgés. En effet, ils prennent significativement plus de temps que les jeunes à compléter la tâche *Flexibilité* du STROOP ($t_{21.91} = -3.411, p < 0.01$) et le Indice *Flexibilité – Couleur* est significativement plus grand chez les participants âgés que chez les jeunes ($t_{23.45} = -2.065, p < 0.05$). De même, le *traçage de pistes B* est effectué significativement plus lentement par les participants âgés que par les jeunes ($t_{33} = -4.357, p < 0.001$) et l'Indice *B-A* est aussi significativement supérieur pour les participants âgés ($t_{33} = -2.929, p < 0.01$). Cependant, lorsque l'on compare le nombre d'erreurs commises par chaque groupe à la tâche *Flexibilité* du STROOP, les participants âgés ne commettent pas plus d'erreurs que les jeunes ($\chi^2 = 1.697, p = 0.193$). Pareillement, le nombre d'erreurs commises au *traçage de pistes B* est comparable entre les participants âgés et jeunes ($\chi^2 = 0.805, p = 0.369$). Enfin, la performance à l'*Usage Alternatif d'Objets* est aussi similaire entre les deux groupes ($t_{33} = 1.464, p = 0.153$), tous les participants identifiant un nombre similaire d'usages alternatifs pour les objets suggérés. On peut se référer au Tableau 3.1.4.4 pour les moyennes et écarts-types obtenus aux épreuves décrites ci-haut.

Tableau 3.1.4.4 Moyennes et (écarts-types) obtenus par chaque groupe aux épreuves évaluant les fonctions exécutives

Épreuve	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	p
<i>Similitudes</i> (score brut)	27.94 (3.80)	27.56 (3.78)	0.765
<i>Histoires en Images</i> (score brut)	12 (4.12)	15 (3.16)	0.021*
<i>Traçage de piste B</i> (temps en sec.)	78.76 (28.34)	50.22 (16.95)	0.000***
<i>Traçage de piste B</i> (% de participants ayant commis au moins 1 erreur)	29.4%	16.7%	0.369
<i>Indice B-A</i>	45.35 (23.23)	27.72 (13.22)	0.006**
STROOP <i>Interférence</i> (temps en sec.)	56.94 (10.79)	42 (6.83)	0.000***
STROOP <i>Interférence</i> (% de participants ayant commis au moins 1 erreur)	64.7%	44.4%	0.229
<i>Indice Interférence - Couleurs</i>	25.88 (8.90)	17.78 (6.21)	0.004**
STROOP <i>Flexibilité</i> (temps en sec.)	64.71 (15.31)	50.89 (6.87)	0.003**
STROOP <i>Flexibilité</i> (% de participants ayant commis au moins 1 erreur)	76.5%	55.6%	0.193
<i>Indice Flexibilité - Couleurs</i>	33.65 (12.49)	26.67 (6.35)	0.050*
<i>Usage Alternatif d'Objets</i> (score brut)	5.71 (2.66)	7 (2.57)	0.153

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

3.1.5 Corrélations

Des analyses corrélationnelles ont aussi été effectuées afin d'examiner les liens unissant certaines variables, dont notamment les questionnaires portant sur l'empathie, les épreuves neuropsychologiques et les tâches expérimentales. Les tableaux 3.1.5.1 et 3.1.5.2 présentent les résultats significatifs, alors qu'un sommaire des résultats obtenus aux analyses corrélationnelles se retrouve aux tableaux 7.1 et 7.2 à l'Annexe G.

Chez les jeunes participants, on observe une corrélation positive et significative entre la performance obtenue au questionnaire *QE* et le niveau de tristesse subjectif ressenti à l'épreuve *KDEF* ($r(16) = 0.750, p < 0.001$; Tableau 3.1.5.1), de sorte qu'un score plus élevé au questionnaire est associé à un niveau de tristesse plus grand. De plus, le test des différences indique que cette corrélation est significativement différente entre les deux groupes ($p < 0.05$). Une corrélation positive est également apparente entre le niveau de tristesse ressenti à l'épreuve *KDEF* et la performance à l'échelle *PT* du questionnaire *IRI* ($r(16) = 0.478, p < 0.05$). Un score plus élevé au questionnaire *PT* est donc aussi associé à un plus grand niveau de tristesse. Le test des différences est toutefois non significatif à l'égard de ces corrélations et donc aucune différence significative n'est apparente entre les groupes pour celles-ci ($p > 0.05$). Par ailleurs, des corrélations négatives sont observées entre les performances obtenues à chacun des questionnaires *QE* et l'échelle *EC* de l'*IRI* et le temps requis pour compléter l'épreuve du *STROOP Flexibilité* (*QE* : $r(16) = -0.541, p < 0.05$; *EC* : $r(16) = -0.491, p < 0.05$). Un score plus élevé à ces questionnaires est donc associé à une meilleure performance, soit un temps de complétion plus court à l'épreuve *STROOP Flexibilité*. Cependant, aucune différence significative entre les groupes n'est apparente pour ces corrélations ($p > 0.05$). De même, une corrélation négative est

aussi notée entre les résultats obtenus à l'échelle *EC* de l'IRI et la performance obtenue au sous-test *Histoires en images* du WAIS-III ($r(16) = -0.495, p < 0.05$), de sorte qu'un score plus élevé au questionnaire *EC* est associé à une performance plus faible au sous-test *Histoire en images*. Une différence significative est cette fois apparente entre les participants jeunes et âgés ($p < 0.01$).

Par ailleurs, lorsque l'on examine les corrélations entre les épreuves neuropsychologiques et la tâche expérimentale *RME*, la performance obtenue par les jeunes participants à la condition négative de la tâche *RME*, soit lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion à valence négative dans le regard des yeux présenté sur la photographie, corrèle négativement avec le temps requis pour compléter le *Traçage de piste B* ($r(16) = -0.644, p < 0.01$). Un score plus élevé à la condition négative de la tâche *RME* est donc associé à une meilleure performance au *Traçage de piste B*, soit un temps de complétion plus rapide. De plus, une différence significative est apparente entre les groupes à l'égard de cette corrélation ($p < 0.05$). De même, une corrélation négative est aussi notée entre l'Indice B-A et la performance obtenue à la condition négative de la tâche *RME* ($r(16) = -0.648, p < 0.01$), mais la différence entre les groupes est non significative ($p > 0.05$) pour cette corrélation. Par ailleurs, on note une corrélation positive entre le *QI*, ainsi que le *QIV*, et la performance obtenue à la condition négative de la tâche *RME* (*QIV* : $r(16) = 0.502, p < 0.05$; *QI* : $r(16) = 0.502, p < 0.05$). Ainsi, un *QI*, et plus spécifiquement un *QIV*, plus élevé est associé à une meilleure performance à la condition négative de la tâche *RME*. Le test des différences n'indique toutefois aucune différence significative entre les groupes à l'égard de ces corrélations ($p > 0.05$). Une corrélation positive est aussi apparente entre la performance obtenue à la condition négative de la tâche *RME* et la performance au sous-test *Similitudes* du WAIS-III ($r(16) = 0.530, p < 0.05$), de sorte qu'une meilleure performance à cette condition de la tâche *RME* est associée à une meilleure performance au sous-test *Similitudes*. Aucune différence n'est toutefois

décelée entre les groupes pour cette corrélation ($p > 0.05$). En ce qui concerne la condition positive de la tâche *RME*, soit lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion à valence positive dans le regard des yeux des photographies présentées, une corrélation positive est notée avec la performance globale obtenue au *D2* ($r(16) = 0.523, p < 0.05$). Une performance plus élevée à la condition positive de la tâche *RME* est donc associée à une meilleure performance à l'épreuve du *D2*. Cependant, le test des différences n'indique aucune différence significative entre les participants jeunes et âgés pour cette corrélation ($p > 0.05$).

Chez les participants âgés, on observe une corrélation positive entre leurs performances aux deux échelles de l'IRI (*EC* et *PT*) et celle obtenue au sous-test *Similitudes* du WAIS-III qui évalue notamment la capacité d'abstraction (*EC* : $r(15) = 0.578, p < 0.05$ et *PT* : $r(15) = 0.653, p < 0.01$). Un score plus élevé à ces deux questionnaires est donc associé à une meilleure performance au sous-test *Similitudes*. De plus, le test des différences indique une différence significative entre les deux groupes à l'égard de ces corrélations ($p < 0.05$). Une corrélation positive est également notée entre la performance obtenue à ces deux échelles de l'IRI et la performance globale obtenue au *D2* (*EC* : $r(15) = 0.619, p < 0.01$ et *PT* : $r(15) = 0.592, p < 0.05$), de sorte qu'un score plus élevé aux questionnaires est aussi associé à une meilleure performance à l'épreuve du *D2*. Cependant, aucune différence n'est notée entre les groupes pour ces corrélations ($p > 0.05$). De plus, on observe une corrélation négative entre la performance à l'échelle *EC* et le temps requis pour compléter la condition *flexibilité* du STROOP ($r(15) = -0.511, p < 0.05$). Une corrélation négative est aussi notée entre la performance des participants âgés à l'échelle *PT* et la performance (i.e., temps requis) obtenue à la condition *flexibilité* du STROOP ($r(15) = -0.490, p < 0.05$). Un score plus élevé aux deux sous-échelles de l'IRI (*EC* et *PT*) est donc associé à une meilleure performance à l'épreuve du STROOP *flexibilité*. Le test des différences n'indique toutefois aucune différence

significative entre les groupes pour ces corrélations ($p > 0.05$). Enfin, une corrélation négative est aussi présente entre le score obtenu à l'échelle *PT* et le temps requis pour compléter la condition *Interférence* de l'épreuve du STROOP ($r(15) = -0.524$, $p < 0.05$), de sorte qu'un score plus élevé à ce questionnaire est associé à une meilleure performance au STROOP *interférence*, soit un temps de complétion plus rapide. La différence de corrélation entre les deux groupes est toutefois non significative ($p > 0.05$).

Enfin, lorsque l'on tient compte des corrélations entre les épreuves neuropsychologiques et la tâche *RME*, aucune corrélation significative n'est notée chez les participants âgés.

Tableau 3.1.5.1 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les résultats obtenus aux questionnaires d'empathie et aux épreuves neuropsychologiques, et expérimentales

Questionnaire	Corrélation	D2 (GZ-F)	Similitudes	Histoires en Images	STROOP Interférence	STROOP Flexibilité	KDEF tristesse
<i>Jeunes (n=18)</i>							
QE	Pearson	0.264	-0.220	0.013	-0.112	-0.541*	0.750**
	<i>P</i>	0.290	0.380	0.960	0.657	0.020	0.000
EC	Pearson	0.242	-0.295	-0.495*	-0.358	-0.491*	0.412
	<i>P</i>	0.333	0.234	0.037	0.144	0.038	0.089
PT	Pearson	0.054	-0.120	-0.199	-0.141	-0.389	0.478*
	<i>P</i>	0.833	0.634	0.430	0.578	0.111	0.045
<i>Âgés (n=17)</i>							
EC	Pearson	0.619**	0.578*	0.434	-0.406	-0.511*	0.031
	<i>P</i>	0.008	0.015	0.082	0.106	0.036	0.907
PT	Pearson	0.592*	0.653**	0.292	-0.524*	-0.490*	-0.159
	<i>P</i>	0.012	0.005	0.256	0.031	0.046	0.541

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Tableau 3.1.5.2 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les résultats obtenus aux épreuves neuropsychologiques et à la tâche expérimentale RME

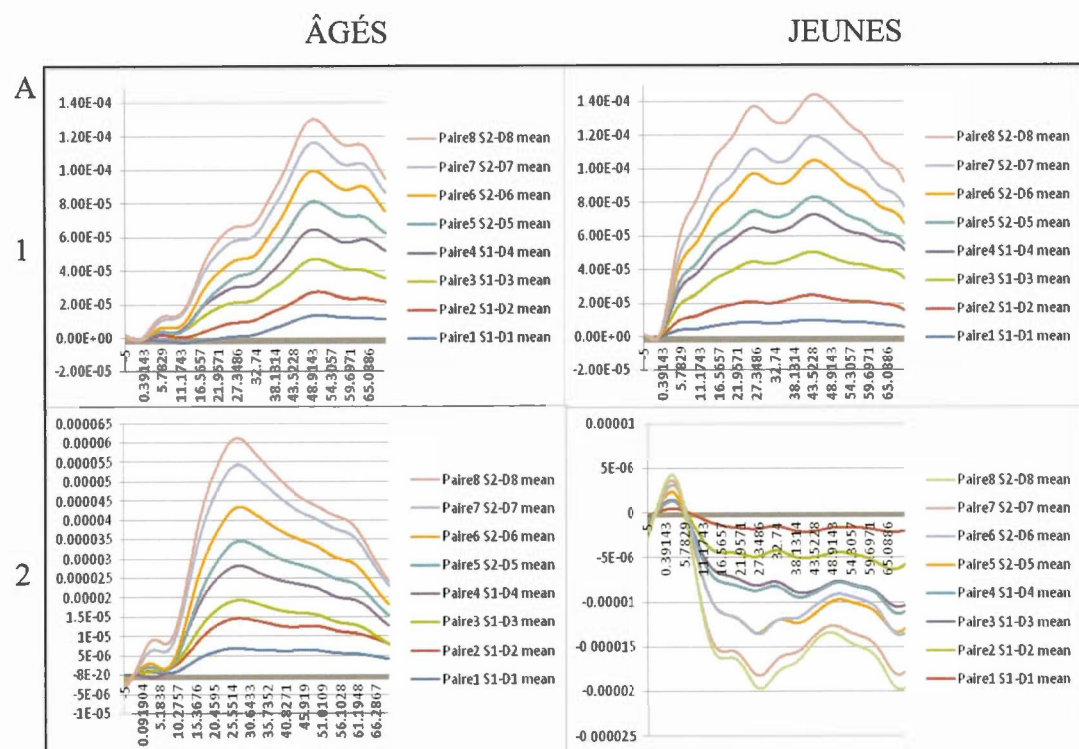
Épreuve	Corrélation	RME +	RME -
<i>Jeunes (n=18)</i>			
QIV	Pearson	0.210	0.502*
	<i>p</i>	0.404	0.034
QI	Pearson	0.097	0.502*
	<i>p</i>	0.702	0.034
D2 GZ-F	Pearson	0.523*	-0.093
	<i>p</i>	0.026	0.713
Similitudes	Pearson	0.272	0.530*
	<i>p</i>	0.275	0.024
Trail B sec.	Pearson	-0.066	-0.644**
	<i>p</i>	0.794	0.004
Indice B-A	Pearson	-0.031	-0.648**
	<i>p</i>	0.904	0.004
<i>*p < 0.05, **p < 0.01</i>			

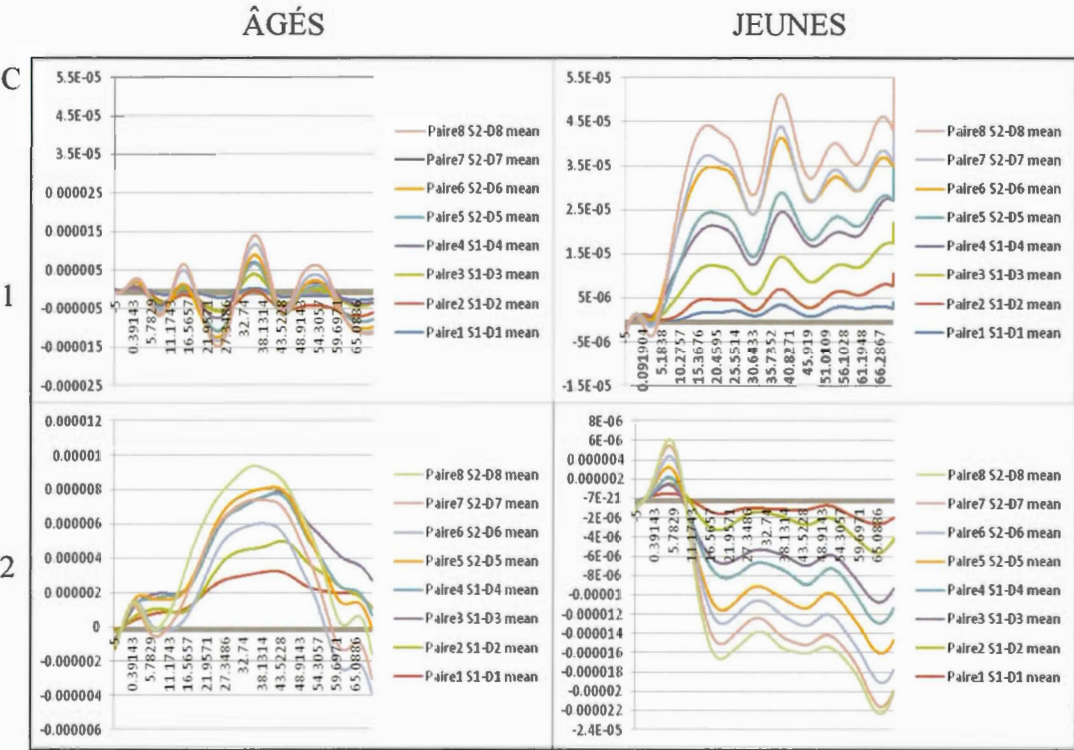
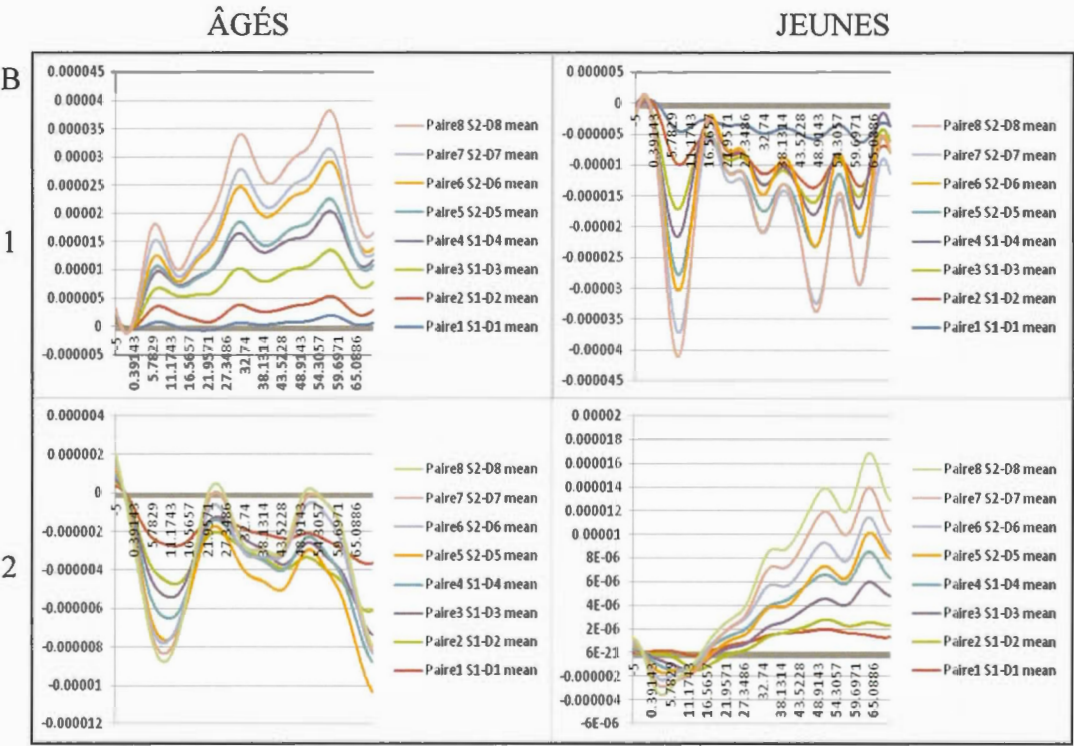
3.2 Résultats Imagerie Optique

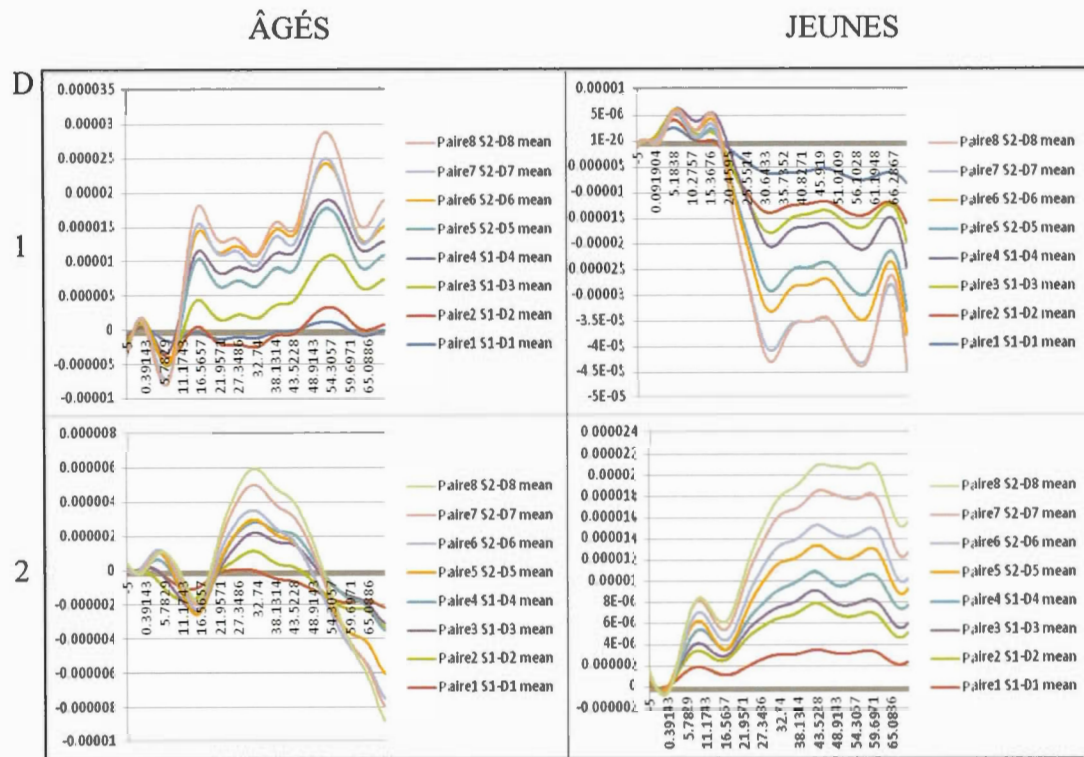
3.2.1 KDEF

Les figures ci-dessous (Figure 3.2.1) illustrent le déroulement temporel moyen de HbO^2 et de HbR pour chaque paires source-détecteur (une à huit) et selon les différentes conditions (négative, neutre, positive et contrôle) de la tâche expérimentale *KDEF*. Les réponses hémodynamiques illustrées démontrent les activations au niveau du cortex préfrontal et les résultats sont présentés ci-après selon les différentes conditions expérimentales, séparément pour HbO^2 et HbR . Les résultats sont d'abord présentés en tenant compte de chaque hémisphère, et ensuite en tenant compte de certaines paires d'activation spécifique afin de préciser davantage la localisation et surtout la latéralisation des activations et enfin selon la latence avant qu'une amplitude d'activation maximale soit atteinte pour HbO^2 pour chacun des deux groupes.

Figure 3.2.1 Décours temporel moyen de HbO^2 (1) et de HBR (2) pour les participants âgés et jeunes pendant les conditions négative (A), neutre (B), positive (C) et contrôle (D) de la tâche *KDEF*.







3.2.1.1 Résultats selon les différentes conditions expérimentales en tenant compte de chaque hémisphère

3.2.1.1.1 HbO²

Lorsque l'on tient compte de HbO² et que les différentes conditions expérimentales (positive, neutre et négative) sont prises en considération, les résultats des ANOVA à mesures répétées révèlent un effet de condition significatif lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion négative (i.e., tristesse ; condition négative ou Bloc 1) lorsque comparée à l'activation en réponse à la tâche contrôle ($F_{1, 32} = 18.145, p < 0.001, \eta^2_p = 0.362$; Tableau 3.2.1.1.1). L'activation HbO² est significativement supérieure à la condition

négative ($M = 1.146^E-5$, $ET = 1.718^E-5$) en comparaison à la tâche contrôle ($M = -.065^E-5$, $ET = 1.187^E-5$). Les résultats révèlent également un effet de condition significatif lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion positive (i.e., joie ; condition positive ou Bloc 3), en comparaison à l'activation obtenue lors de la tâche contrôle ($F_{1,32} = 4.198$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.116$) et l'activation HbO^2 est encore une fois significativement supérieure à la condition positive ($M = 0.215^E-5$, $ET = 1.420^E-5$) en comparaison à la tâche contrôle ($M = -0.065^E-5$, $ET = 1.187^E-5$). Le tableau 3.2.1.1.1a indique les moyennes d'activation alors que la figure 3.2.1.1.1 illustre ces mêmes données.

Tableau 3.2.1.1.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant chacune des trois conditions (B1=négative ; B2=neutre ; B3=positive) de la tâche KDEF à la tâche contrôle pour HbO^2

EFFET	B1_Contrôle		B2_Contrôle		B3_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Condition	18.145	0.000***	1.071	0.308	4.198	0.049*
Condition X Groupe	1.781	0.191	0.753	0.392	2.610	0.116
Hémisphère	0.000	1.000	0.502	0.484	0.308	0.583
Hémisphère X Groupe	0.000	1.000	0.241	0.627	0.000	1.000
Condition X Hémisphère	2.643	0.114	0.443	0.511	0.719	0.403
Condition X Hémisphère X Groupe	0.183	0.672	0.178	0.676	0.000	1.000
Groupe	0.342	0.563	1.785	0.191	0.103	0.750

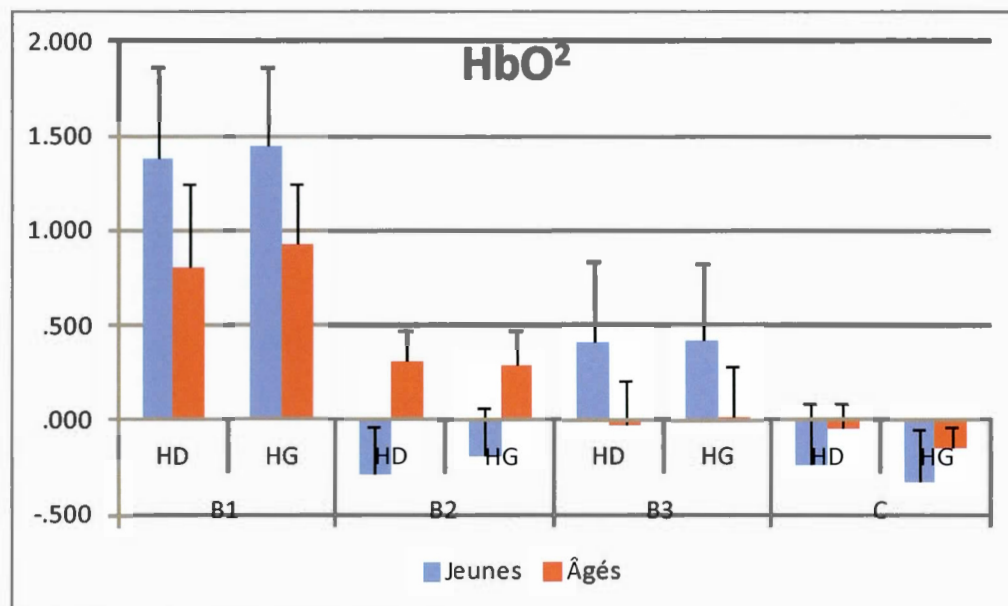
* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

Tableau 3.2.1.1.1a Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO^2 pour chaque paire sources-détecteurs (p1 à p8), chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1=négative ; b2=neutre ; b3=positive ; c=contrôle) de la tâche *KDEF*

PAIRE	BLOC1 (negative)		BLOC2 (neutre)		BLOC3 (positive)		CONTRÔLE	
	Jeunes (n=18)	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	Âgés (n=16)
PAIRE 1	0.757 (2.192)	0.385 (2.781)	-0.390 (1.011)	0.035 (0.531)	0.161 (1.564)	-0.106 (0.974)	-0.350 (1.538)	-0.335 (0.532)
PAIRE 2	1.111 (2.516)	0.765 (1.622)	-0.528 (1.502)	0.246 (0.784)	0.225 (1.874)	-0.199 (1.045)	-0.415 (1.492)	-0.286 (0.634)
PAIRE 3	1.971 (2.186)	1.166 (1.419)	-0.188 (1.349)	0.516 (0.763)	0.530 (2.295)	0.184 (0.878)	-0.101 (1.547)	0.147 (0.663)
PAIRE 4	1.689 (1.666)	0.894 (2.524)	-0.050 (1.026)	0.445 (0.854)	0.729 (1.848)	0.042 (1.302)	-0.078 (1.178)	0.290 (0.695)
HD	1.382 (2.036)	0.802 (1.849)	-0.289 (1.068)	0.310 (0.654)	0.411 (1.791)	-0.02 (0.932)	-0.236 (1.365)	-0.046 (0.510)
PAIRE 5	0.809 (1.882)	0.740 (1.986)	-0.372 (1.102)	0.109 (0.682)	0.199 (1.424)	-0.118 (0.913)	-0.594 (1.209)	-0.383 (0.647)
PAIRE 6	1.728 (1.800)	1.055 (2.054)	0.187 (1.070)	0.416 (1.081)	0.893 (2.248)	0.016 (1.355)	-0.185 (1.308)	0.010 (0.661)
PAIRE 7	1.219 (2.094)	1.097 (1.578)	-0.579 (1.457)	0.188 (0.861)	0.084 (1.610)	0.118 (1.635)	-0.514 (1.246)	-0.245 (0.585)
PAIRE 8	2.018 (1.715)	0.804 (1.505)	0.005 (1.129)	0.423 (0.841)	0.500 (2.006)	0.079 (1.049)	-0.015 (1.705)	0.049 (0.602)
HG	1.444 (1.774)	0.924 (1.347)	-0.190 (1.082)	0.284 (0.791)	0.419 (1.727)	0.024 (1.097)	-0.327 (1.189)	-0.142 (0.436)

À noter que les données brutes (moyennes et écarts-types) de HbO^2 ont été multipliées par la constante 100000 afin d'en faciliter la représentation

Figure 3.2.1.1.1 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO^2 pour chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1=négative ; b2=neutre ; b3=positive ; c=contrôle) de la tâche KDEF



3.2.1.1.2 HbR

Lorsque l'on tient compte de HbR, les résultats des ANOVA à mesures répétées révèlent une interaction significative de type Groupe x Condition lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion positive, soit la joie (Bloc 3 ; $F_{1,33} = 8.219$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = 0.199$; Tableau 3.2.1.1.2). La décomposition de cette interaction indique un effet de condition significatif chez les jeunes ($F_{1,33} = 13.051$, $p = 0.001$, $\eta^2_p = 0.283$) où l'activation HbR enregistrée est significativement inférieure en réponse à la condition positive ($M = -1.469 \times 10^{-6}$, $ET = 4.788 \times 10^{-6}$) qu'en réponse à la tâche contrôle ($M = 1.750 \times 10^{-6}$, $ET = 4.053 \times 10^{-6}$). Une interaction significative de type Groupe x Condition

est également notée à la condition négative, soit lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion de tristesse (Bloc 1 ; $F_{1,31} = 8.412$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = 0.213$). La décomposition de cette interaction révèle un effet de condition significatif chez les jeunes ($F_{1,31} = 11.407$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = 0.269$) de sorte que l'activation HbR obtenue en réponse à la condition négative ($M = -1.811^E-6$, $ET = 4.975^E-6$) est significativement inférieure à celle recueillie suite à la tâche contrôle ($M = 1.750^E-6$, $ET = 4.053^E-6$). Le tableau 3.2.1.1.2a précise les moyennes d'activation pour HbR alors que la figure 3.2.1.1.2 donne un aperçu visuel de celles-ci.

Tableau 3.2.1.1.2 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant chacune des trois conditions (B1=négative ; B2=neutre ; B3=positive) de la tâche KDEF à la tâche contrôle pour HbR

EFFET	B1_Contrôle		B2_Contrôle		B3_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Condition	2.275	0.142	0.301	0.587	4.142	0.050*
Condition X Groupe	8.412	0.007**	1.090	0.305	8.219	0.007**
Hémisphère	0.793	0.380	1.094	0.304	0.695	0.411
Hémisphère X Groupe	0.552	0.463	0.000	1.000	0.000	1.000
Condition X Hémisphère	0.755	0.392	1.125	0.297	1.268	0.268
Condition X Hémisphère X Groupe	1.366	0.251	0.000	1.000	1.436	0.239
Groupe	0.144	0.707	1.919	0.176	0.071	0.792

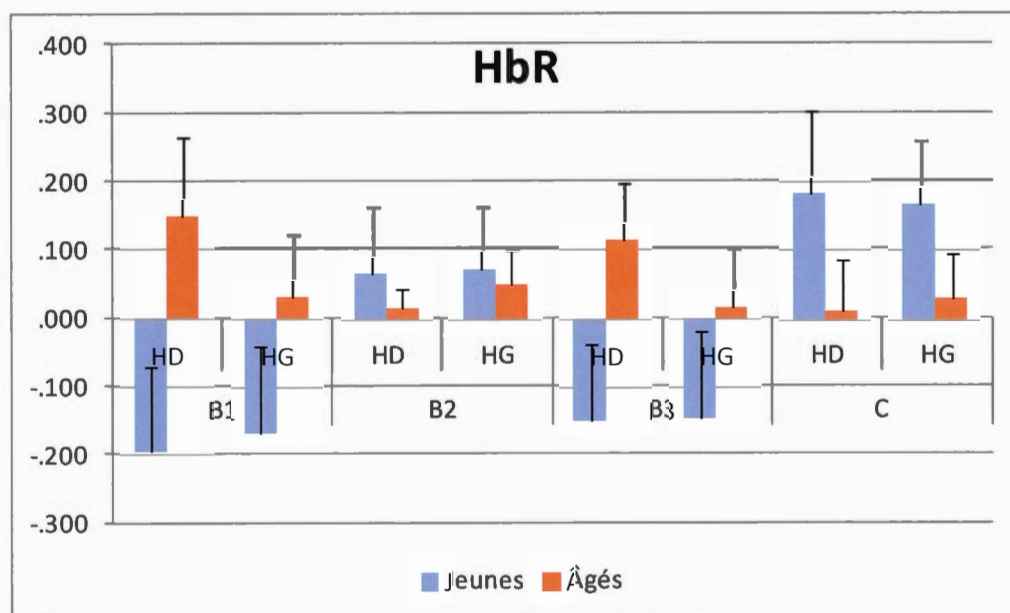
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Tableau 3.2.1.1.2a Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour chaque paire sources-détecteurs (p1 à p8), chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1=négative ; b2=neutre ; b3=positive ; c=contrôle) de la tâche *KDEF*

PAIRES	BLOC1		BLOC2		BLOC3		CONTRÔLE	
	(negative)		(neutre)		(positive)			
	Jeunes (n=18)	Âgés (n=15)	Jeunes (n=18)	Âgés (n=15)	Jeunes (n=18)	Âgés (n=17)	Jeunes (n=18)	Âgés (n=17)
PAIRE 1	-0.158 (0.509)	0.139 (0.483)	0.096 (0.42)	-0.054 (0.197)	-0.087 (0.554)	0.207 (0.431)	0.242 (0.613)	-0.064 (0.391)
PAIRE 2	-0.247 (0.891)	0.112 (0.529)	-0.021 (0.603)	-0.004 (0.199)	-0.087 (0.672)	0.087 (0.357)	0.274 (0.625)	0.016 (0.343)
PAIRE 3	-0.281 (0.549)	0.003 (0.42)	0.073 (0.573)	0.058 (0.100)	-0.314 (0.485)	0.198 (0.289)	0.085 (0.467)	0.063 (0.298)
PAIRE 4	-0.091 (0.539)	0.341 (0.737)	0.112 (0.367)	0.063 (0.171)	-0.109 (0.454)	-0.032 (0.486)	0.133 (0.443)	0.038 (0.335)
HD	-0.194 (0.523)	0.149 (0.447)	0.065 (0.412)	0.016 (0.112)	-0.149 (0.478)	0.115 (0.326)	0.183 (0.491)	0.013 (0.301)
PAIRE 5	-0.259 (0.637)	-0.090 (0.391)	-0.012 (0.49)	-0.081 (0.296)	-0.208 (0.678)	0.022 (0.484)	0.161 (0.518)	-0.030 (0.371)
PAIRE 6	0.023 (0.524)	0.252 (0.624)	0.112 (0.349)	0.113 (0.38)	-0.124 (0.526)	-0.202 (0.557)	0.131 (0.346)	0.021 (0.373)
PAIRE 7	-0.343 (0.738)	-0.019 (0.411)	0.081 (0.588)	0.017 (0.246)	-0.149 (0.739)	0.104 (0.339)	0.224 (0.521)	0.078 (0.276)
PAIRE 8	-0.093 (0.512)	-0.019 (0.246)	0.106 (0.252)	0.008 (0.210)	-0.098 (0.512)	0.144 (0.272)	0.150 (0.544)	0.049 (0.219)
HG	-0.168 (0.543)	0.031 (0.35)	0.072 (0.376)	0.014 (0.207)	-0.145 (0.541)	0.017 (0.34)	0.167 (0.379)	0.030 (0.276)

À noter que les données brutes (moyennes et écarts-types) de HbR ont été multipliées par la constante 100000 afin d'en faciliter la représentation

Figure 3.2.1.1.2 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1=négative ; b2=neutre ; b3=positive ; c=contrôle) de la tâche KDEF



3.2.1.2 Résultats selon les différentes conditions expérimentales en tenant compte de la localisation précise des activations

3.2.1.2.1 HbO²

Les résultats des analyses réalisées afin d'examiner de plus près la latéralisation des activations révèlent essentiellement les mêmes résultats que les analyses présentées ci-haut en tenant compte de chaque hémisphère, avec en plus quelques précisions intéressantes. On note effectivement un effet de condition significatif lorsqu'il s'agit

de ressentir une émotion négative (Bloc 1). L'effet est d'ailleurs apparent pour les paires latérales ($F_{1,31} = 24.378, p < 0.001, \eta^2_p = 0.440$; Tableau 3.2.1.2.1), où l'activation HbO^2 est significativement supérieure en réponse à la condition négative ($M = 1.197^E -5, ET = 1.675^E -5$) qu'en réponse à la tâche contrôle ($M = -0.301^E -5, ET = 0.687^E -5$). Une interaction de type Hémisphère x Condition se dégage toutefois des analyses effectuées sur l'activation aux paires médianes (Bloc 1 ; $F_{1,30} = 5.307, p < 0.05, \eta^2_p = 0.150$; Tableau 3.2.1.2.1). La décomposition de cette interaction révèle un effet de condition significatif pour les paires de l'hémisphère droit, soit les paires une et quatre ($F_{1,30} = 18.317, p < 0.001, \eta^2_p = 0.379$), ainsi que les paires de l'hémisphère gauche, soit les paires cinq et six ($F_{1,30} = 26.251, p < 0.001, \eta^2_p = 0.467$). Plus spécifiquement, le taux d' HbO^2 enregistré est significativement supérieur en réponse à la condition négative qu'en réponse à la condition contrôle et ce, tant pour les paires médianes de l'hémisphère droit (condition négative : $M = 1.077^E -5, ET = 1.724^E -5$; condition contrôle : $M = -0.251^E -5, ET = 0.751^E -5$) que celles de l'hémisphère gauche (condition négative $M = 1.177^E -5, ET = 1.599^E -5$; condition contrôle : $M = -0.397^E -5, ET = 0.734^E -5$).

Par ailleurs, l'effet de condition significatif noté lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion positive (Bloc 3) est encore apparent, quoique cette fois uniquement pour les analyses effectuées sur l'activation aux paires médianes (Bloc 3 ; $F_{1,31} = 4.676, p < 0.05, \eta^2_p = 0.131$; Tableau 3.2.1.2.1). L'activation HbO^2 est alors significativement supérieure en réponse à la condition positive ($M = 0.130^E -6, ET = 1.127^E -5$) qu'en réponse à la tâche contrôle ($M = -0.319^E -5, ET = 0.684^E -5$).

Enfin, une différence de groupe se dégage cette fois des analyses lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion neutre (Bloc 2), et ce, tant pour les analyses effectuées sur l'activation aux paires latérales ($F_{1,31} = 7.313, p < 0.05, \eta^2_p = 0.191$; Tableau 3.2.1.2.1) que celle aux paires médianes ($F_{1,31} = 6.699, p < 0.05, \eta^2_p = 0.178$;

Tableau 3.2.1.2.1). Dans les deux cas, les personnes âgées (paires latérales : $M = 0.118^E -5$, $ET = 0.491^E -5$, paires médianes : ($M = 0.505^E -6$, $ET = 4.233^E -6$) présentent une activation significativement supérieure de HbO^2 que les jeunes (paires latérales : $M = -0.481^E -5$, $ET = 0.746^E -5$, paires médianes : ($M = -3.952^E -6$, $ET = 5.528^E -6$) lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion neutre. Le tableau des moyennes d'activation de HbO^2 pour chacune des paires se retrouve à l'Annexe H (Tableau 8.1), tout comme la figure présentant un aperçu visuel de ces données (Figure 8.1).

Tableau 3.2.1.2.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les paires situées en région latérale de chaque hémisphère (2-3 vs 7-8) ainsi que celles situées en région médiane (1-4 vs 5-6) aux paires respectives de la tâche Contrôle pour chacune des conditions de la tâche KDEF (B1=négative ; B2=neutre ; B3=positive) pour HbO^2

EFFET	B1_Contrôle		B2_Contrôle		B3_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Paires Latérales (2-3 = Droit; 7-8 = Gauche)</i>						
Condition	24.378	0.000***	0.906	0.348	3.168	0.085
Condition X Groupe	2.491	0.125	1.053	0.313	1.365	0.252
Hémisphère	0.370	0.548	0.000	1.000	0.064	0.802
Hémisphère X Groupe	0.333	0.568	0.662	0.422	0.000	1.000
Condition X Hémisphère	0.359	0.554	0.000	1.000	0.000	1.000
Condition X Hémisphère X Groupe	0.000	1.000	0.000	1.000	0.626	0.435
Groupe	0.053	0.819	7.313	0.011*	0.211	0.649

EFFET	B1_Contrôle		B2_Contrôle		B3_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Paires Médianes (1-4 = Droit; 5-6 = Gauche)</i>						
Condition	22.806	0.000***	2.864	0.101	4.676	0.038*
Condition X Groupe	0.672	0.419	0.033	0.856	3.489	0.071
Hémisphère	0.000	1.000	0.549	0.464	0.988	0.328
Hémisphère X Groupe	0.121	0.730	0.000	1.000	0.214	0.647
Condition X Hémisphère	5.307	0.028*	2.591	0.118	2.036	0.164
Condition X Hémisphère X Groupe	0.448	0.509	0.000	1.000	0.280	0.601
Groupe	0.275	0.604	6.699	0.015*	0.017	0.897
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$						

3.2.1.2.2 HbR

Lorsque l'on tient compte de l'activation HbR, les résultats des analyses réalisées afin d'examiner de plus près la latéralisation des activations sont aussi très similaires aux résultats rapportés précédemment en tenant compte de chaque hémisphère. On observe en effet une interaction significative de type Groupe x Condition pour la condition négative (Bloc 1), tant pour les analyses réalisées sur l'activation aux paires latérales ($F_{1, 31} = 6.633$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.176$; Tableau 3.2.1.2.2), que celles réalisées sur l'activation aux paires médianes ($F_{1, 30} = 6.301$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.174$; Tableau 3.2.1.2.2). La décomposition de ces interactions indique la présence d'une différence significative d'activation de HbR entre la condition négative et la tâche contrôle, mais seulement pour les jeunes (paires latérales : $F_{1, 31} = 15.536$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.334$; paires médianes : $F_{1, 30} = 6.968$, $p < .05$, $\eta^2_p = .188$). Dans les deux cas, l'activation

HbR est significativement inférieure à la condition négative (paires latérales : $M = -2.410^E-6$, $ET = 5.653^E-6$; paires médianes : $M = -1.211^E-6$, $ET = 4.651^E-6$) en comparaison à l'activation obtenue en réponse à la tâche contrôle (paires latérales : $M = 1.831^E-6$, $ET = 3.996^E-6$; paires médianes : $M = 1.668^E-6$, $ET = 4.366^E-6$).

Par ailleurs, l'interaction significative de type Condition x Groupe notée à la condition positive (Bloc 3) pour les analyses réalisées en tenant compte de chaque hémisphère est une fois de plus observée, mais seulement pour les analyses effectuées sur l'activation aux paires latérales (Bloc 3 ; $F_{1,33} = 13.888$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.296$; Tableau 3.2.1.2.2). La décomposition de cette interaction nous indique dans un premier temps la présence d'une différence d'activation de HbR entre la condition positive et la tâche contrôle ($F_{1,33} = 18.690$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.362$), et que celle-ci est statistiquement significative pour les jeunes. Encore une fois, l'activation HbR est significativement inférieure en réponse à la condition positive ($M = -1.620^E-6$, $ET = 4.818^E-6$) lorsque comparée à l'activation obtenue en réponse à la tâche contrôle ($M = 1.831^E-6$, $ET = 3.996^E-6$). De plus, la décomposition de l'interaction nous indique également que la différence d'activation HbR entre les groupes est statistiquement significative ($F_{1,33} = 5.135$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.135$), de sorte que le groupe de personnes âgées ($M = 1.332^E-6$, $ET = 2.433^E-6$) présente une activation HbR significativement supérieure à celle des jeunes ($M = -1.620^E-6$, $ET = 4.818^E-6$). Enfin, bien qu'aucune interaction n'ait été observée à la condition positive pour les analyses réalisées sur l'activation aux paires médianes, un effet de condition significatif est tout de même noté (Bloc 3 ; $F_{1,31} = 7.933$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = 0.204$; Tableau 3.2.1.2.2), de sorte que l'activation HbR est significativement inférieure en réponse à la condition positive ($M = -1.040^E-6$, $ET = 4.299^E-6$) qu'en réponse à la tâche contrôle ($M = 1.094^E-6$, $ET = 3.529^E-6$). Le tableau des moyennes d'activation de HbR pour chacune des paires se retrouve à l'Annexe H (Tableau 8.2), tout comme la figure présentant un aperçu visuel de ces données (Figure 8.2).

Tableau 3.2.1.2.2 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les paires situées en région latérale de chaque hémisphère (2-3 vs 7-8) ainsi que celles situées en région médiane (1-4 vs 5-6) à la tâche contrôle pour chacune des conditions de la tâche KDEF (B1=négative ; B2=neutre ; B3=positive) pour HbR

EFFET	B1_Contrôle		B2_Contrôle		B3_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Paires Latérales (2-3 = Droit; 7-8 = Gauche)</i>						
Condition	7.504	0.010**	0.535	0.470	4.194	0.049*
Condition X Groupe	6.633	0.015*	0.784	0.383	13.888	0.001***
Hémisphère	0.000	1.000	1.009	0.323	0.000	1.000
Hémisphère X Groupe	0.367	0.549	0.000	1.000	0.000	1.000
Condition X Hémisphère	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000
Condition X Hémisphère X Groupe	0.441	0.512	0.000	1.000	0.792	0.380
Groupe	0.216	0.645	1.428	0.241	0.574	0.454
<i>Paires Médianes (1-4 = Droit; 5-6 = Gauche)</i>						
Condition	0.631	0.433	1.365	0.252	7.933	0.008**
Condition X Groupe	6.301	0.018*	0.000	1.000	1.504	0.229
Hémisphère	0.915	0.346	0.000	1.000	2.714	0.110
Hémisphère X Groupe	0.831	0.369	3.034	0.091	0.000	1.000
Condition X Hémisphère	0.000	1.000	0.000	1.000	2.424	0.130
Condition X Hémisphère X Groupe	2.469	0.127	0.000	1.000	1.656	0.208
Groupe	0.252	0.619	1.987	0.169	0.099	0.755

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

3.2.1.3 Résultats selon la latence des activations (HbO^2)

À noter que les analyses réalisées afin de déterminer s'il existe une différence significative entre les groupes en ce qui concerne la latence pour arriver à une amplitude maximale d'activation n'ont pas été concluantes pour les mesures de HbO^2 pour la tâche *KDEF* (tableau 3.2.1.3.1). En effet, les résultats sont non-significatifs ($p > 0.05$) pour chacune des conditions expérimentales (positive et négative) de la tâche. Le tableau 9.1 (Annexe I) présente les moyennes et les écarts-types pour le temps requis (latence) avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO^2 , en fonction de chaque paire source-détecteur, alors que la figure 9.1 (Annexe I) illustre ces mêmes données.

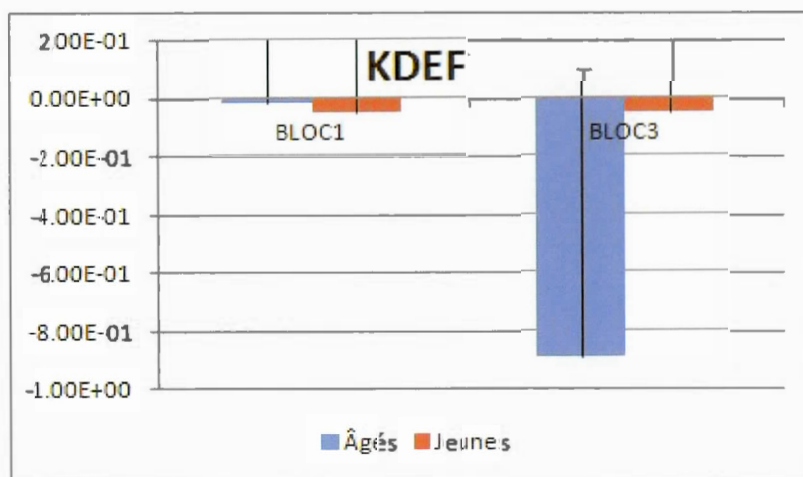
*Tableau 3.2.1.3.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO^2 lors des conditions négative (Bloc 1) et positive (Bloc 3) de la tâche *KDEF**

	B1 (négative) vs B3 (positive)	
	<i>F</i>	<i>p</i>
Condition	2.195	0.148
Groupe X Condition	0.004	0.948
Groupe	0.024	0.879

3.2.1.4 Indice de latéralité (HbO^2)

Chez les participants âgés, comme chez les jeunes, l'indice de latéralité est négatif, tant lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion négative (Bloc 1) similaire à celle illustrée sur les photographies présentées que lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion positive (Bloc 3), ce qui suggère donc une dominance hémisphérique gauche. La figure 3.2.1.4 illustre ces données. À noter qu'un indice de latéralité > 0 ou positif suggère une activation préfrontale préférentielle de l'hémisphère droit alors qu'un indice de latéralité < 0 ou négatif suggère plutôt une activation préférentielle de l'hémisphère gauche.

Figure 3.2.1.4 Données relatives à la latéralité hémisphérique pour HbO^2 lors des conditions expérimentales (BLOC1 ou condition négative et BLOC3 ou condition positive) de la tâche *KDEF*



3.2.1.5 Corrélations

Des analyses corrélationnelles ont également été effectuées afin d'examiner la possibilité qu'un lien puisse exister entre les scores obtenus aux questionnaires d'empathie et aux tâches expérimentales et les activations enregistrées à la séance d'imagerie optique lors de la tâche *KDEF* (consultez les tableaux 3.2.1.5.1 (HbO²) et 3.2.1.5.2 (HbR) pour un sommaire des résultats significatifs). Les résultats pour l'ensemble des analyses corrélationnelles réalisées se retrouvent aux tableaux 7.3 et 7.4 à l'Annexe G.

Chez les jeunes participants, on note une corrélation positive entre le niveau de scolarité et l'activation HbO² enregistrée lors de la condition négative (Bloc 1) de la tâche *KDEF*, soit lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion de tristesse ($r(16) = 0.517$, $p < 0.05$). Une scolarité plus élevée est donc associée à un niveau d'activation de HbO² plus élevé lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion de tristesse. De plus, on note également une corrélation positive entre le score obtenu à l'échelle *EC* du questionnaire IRI et l'activation HbO² enregistrée lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion positive (joie ou Bloc 3) à la tâche *KDEF* ($r(16) = 0.502$, $p < 0.05$). Un score plus élevé à ce questionnaire est donc associé à une activation plus élevée de HbO² lorsqu'il s'agit de ressentir de la joie. Aucune différence significative n'est toutefois décelée entre les groupes à l'égard de ces corrélations ($p > 0.05$). En ce qui concerne les activations HbR, aucune corrélation significative n'a été notée chez les jeunes participants.

Chez les participants âgés, une corrélation négative est apparente entre le *QI* et l'activation HbO² enregistrée lors de la condition négative (Bloc 1) de la tâche *KDEF*, soit lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion de tristesse ($r(15) = -0.499$, $p <$

0.05), de même qu'entre le *QIV* et l'activation HbO^2 enregistrée lors de cette même condition négative (tristesse ou Bloc 1; $r(15) = -0.516, p < 0.05$). Ainsi, chez les participants âgés, un *QI* ou un *QIV* plus élevé est associé à une activation plus faible de HbO^2 lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion de tristesse. À noter que le test des différences indique une différence significative entre les groupes pour la corrélation avec le *QIV* ($p < 0.05$), alors qu'aucune différence n'est apparente entre les participants jeunes et âgés pour la corrélation avec le *QI* ($p > 0.05$). Par ailleurs, en ce qui a trait aux activations HbR , on note une corrélation négative et significative entre le nombre de bonnes réponses obtenues lorsqu'il s'agit de déterminer l'émotion négative illustrée dans le regard des photographies présentées lors de la tâche *RME* (Bloc 2) et l'activation HbR enregistrée lors de la condition positive de la tâche *KDEF* (Bloc 3; $r(15) = -0.680, p < 0.01$). Un score plus élevé à la condition négative de la tâche *RME* est donc associé à une activation plus faible de HbR lorsqu'il s'agit de ressentir de la joie. Enfin, le test des différences suggère une différence significative entre les groupes à l'égard de cette corrélation ($p < 0.05$).

Tableau 3.2.1.5.1 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les données comportementales (questionnaires et tâches expérimentales) et les activations HbO² pour les conditions (b1=négative ; b3=positive) de la tâche *KDEF* et les conditions (b1=positive; b2=négative) de la tâche *RME* pour les jeunes et les âgés

Épreuve	Corrélation	HbO ²					
		<i>Jeunes</i>			<i>Âgés</i>		
		KDEF b1	KDEF b3	RME b2	KDEF b1	RME b1	RME b2
scolarité	Pearson	0.517*	0.418	0.008	0.106	-0.080	-0.032
	<i>p</i>	0.028	0.084	0.976	0.684	0.760	0.902
EC brut	Pearson	0.186	0.502*	0.328	0.143	0.459	0.302
	<i>p</i>	0.460	0.034	0.184	0.584	0.064	0.239
PT brut	Pearson	0.137	0.286	0.382	0.337	0.371	0.599*
	<i>p</i>	0.587	0.250	0.117	0.185	0.142	0.011
QIV	Pearson	0.241	0.223	-0.200	-0.516*	-0.091	0.228
	<i>p</i>	0.336	0.374	0.427	0.034	0.728	0.379
QI	Pearson	0.088	0.033	-0.305	-0.499*	-0.073	0.146
	<i>p</i>	0.729	0.897	0.219	0.041	0.780	0.576
KDEF-joie	Pearson	0.331	0.093	0.560*	0.026	-0.015	0.109
	<i>p</i>	0.180	0.713	0.016	0.920	0.954	0.676
RME +	Pearson	-0.021	-0.026	0.703**	0.057	-0.292	0.040
	<i>p</i>	0.933	0.918	0.001	0.829	0.255	0.879
RME -	Pearson	-0.240	-0.436	-0.337	0.069	-0.494*	-0.032
	<i>p</i>	0.337	0.071	0.171	0.793	0.044	0.904

p* < 0.05, *p* < 0.01

Tableau 3.2.1.5.2 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les données comportementales relatives au QI, au QIP et à la condition négative de la tâche RME et les activations HbR pour la condition positive (b1) de la tâche RME chez les jeunes et la condition positive (b3) de la tâche KDEF chez les participants âgés

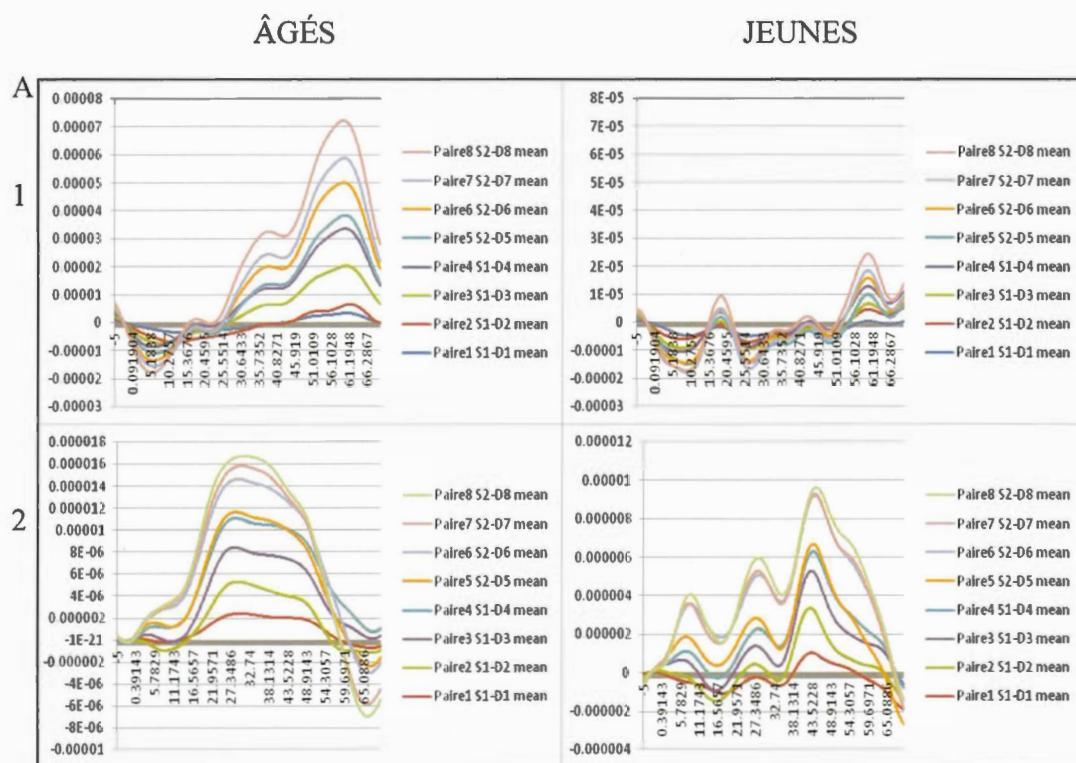
		HbR	
		<i>Jeunes</i>	<i>Âgés</i>
Épreuve	Corrélation	RME b1	KDEF b3
QIP	Pearson	-0.580*	0.440
	<i>p</i>	0.012	0.077
QI	Pearson	-0.568*	0.243
	<i>p</i>	0.014	0.348
RME -	Pearson	-0.184	-0.680**
	<i>p</i>	0.465	0.003

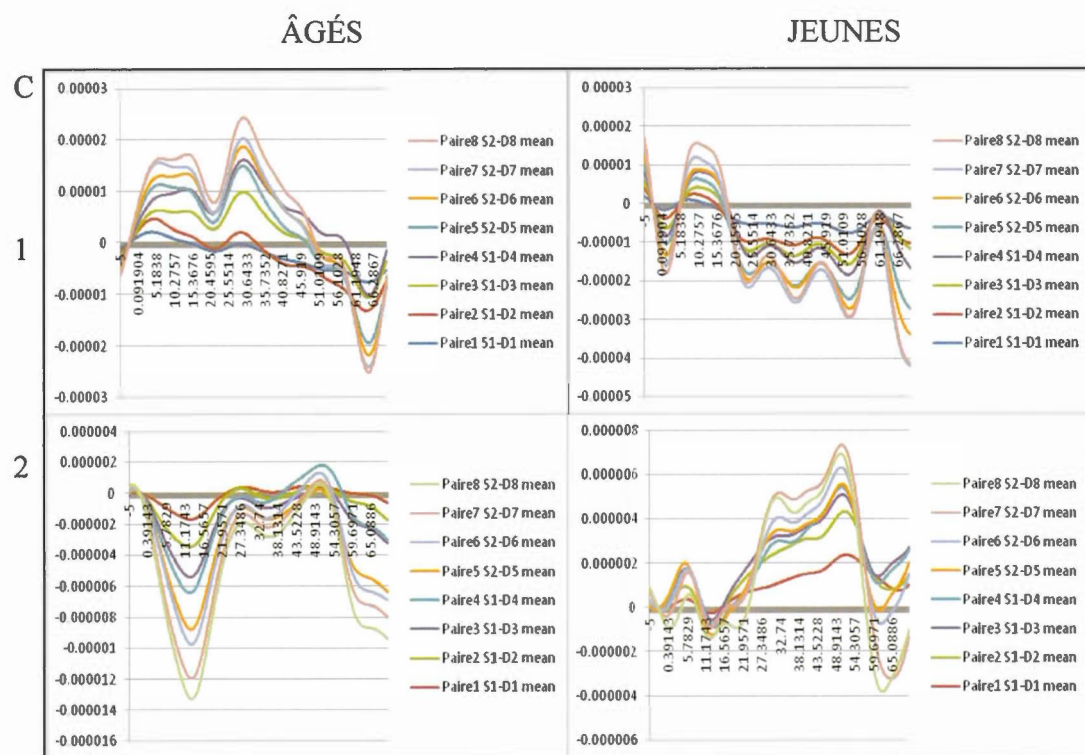
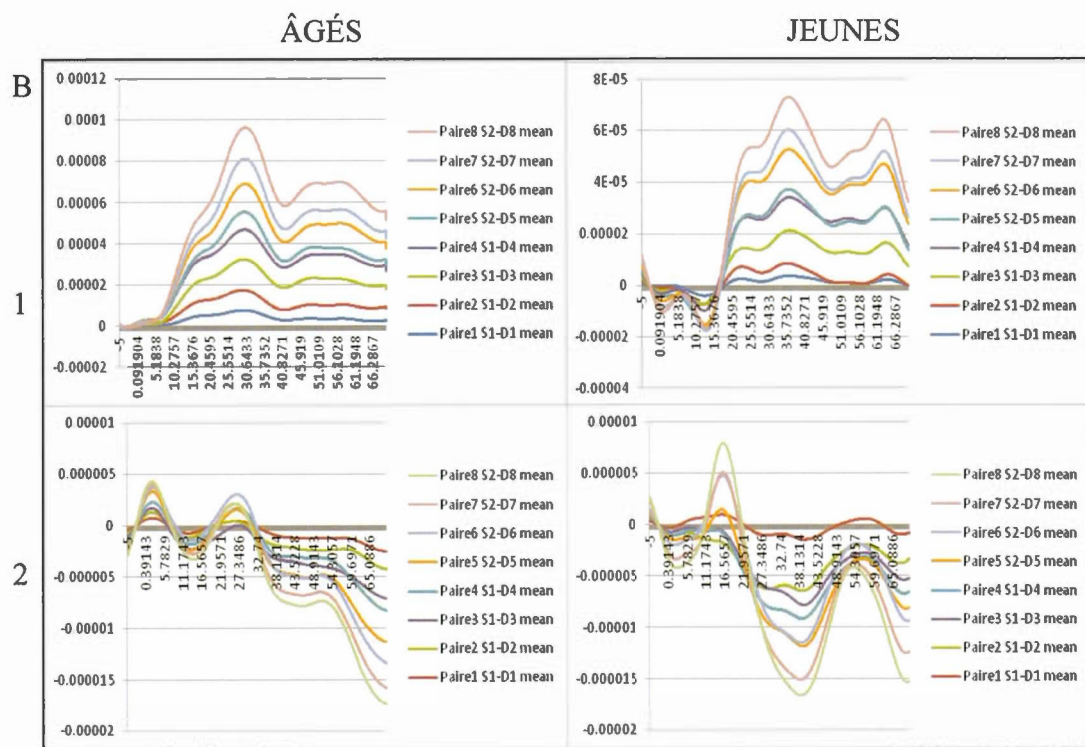
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3.2.2 RME

Les figures ci-dessous (3.2.2) illustrent le décours temporel moyen de HbO^2 et de HbR pour chaque paire source-détecteur (une à huit) et selon les différentes conditions (positive, négative et contrôle) de la tâche expérimentale *RME*. Les réponses hémodynamiques illustrées démontrent les activations au niveau du cortex préfrontal et les résultats sont présentés ci-après selon les différentes conditions expérimentales, séparément pour HbO^2 et HbR . Les résultats sont d'abord présentés en tenant compte de chaque hémisphère, et ensuite en tenant compte de certaines paires spécifiques d'activation afin de préciser davantage la localisation et surtout la latéralisation des activations et enfin selon la latence avant qu'une amplitude d'activation maximale soit atteinte pour HbO^2 pour chacun des deux groupes.

Figure 3.2.2 Décours temporel moyen de HbO^2 (1) et de HbR (2) pour les participants âgés et jeunes pendant les conditions négative (A), positive (B), et contrôle (C) de la tâche RME.





3.2.2.1 Résultats selon les différentes conditions expérimentales en tenant compte de chaque hémisphère

3.2.2.1.1 HbO²

Lorsque l'on examine les différentes conditions expérimentales (positive et négative), les analyses statistiques (ANOVA à mesures répétées) démontrent un effet de condition lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion positive (Bloc 1) dans le regard des yeux des photographies présentées. En effet, une différence significative dans l'activation de HbO² est présente entre la condition positive et la tâche contrôle ($F_{1, 33} = 7.563, p < 0.01, \eta^2_p = 0.186$), de sorte que l'activation HbO² est significativement supérieure en réponse à la condition positive ($M = 1.146^E-5, ET = 1.718^E-5$) qu'en réponse à la tâche contrôle ($M = -0.014^E-5, ET = 0.321^E-5$). Aucune autre différence n'a toutefois été décelée. Les résultats sont présentés dans le tableau qui suit (Tableau 3.2.2.1.1). Le tableau 3.2.2.1.1a précise ensuite les moyennes d'activation pour chaque paire source-détecteur en fonction de chaque condition expérimentale pour HbO² alors que la figure 3.2.2.1.1 démontre une illustration de ces mêmes données.

Tableau 3.2.2.1.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant chacune des deux conditions (B1=positive ; B2=négative) de la tâche *RME* à la tâche contrôle pour HbO²

EFFET	B1_Contrôle		B2_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Condition	7.563	0.010**	0.243	0.625
Condition X Groupe	0.000	1.000	0.000	1.000
Hémisphère	0.000	1.000	0.244	0.624
Hémisphère X Groupe	0.565	0.458	0.327	0.571
Condition X Hémisphère	0.000	1.000	0.588	0.449
Condition X Hémisphère X Groupe	0.498	0.486	1.449	0.237
Groupe	0.924	0.343	1.359	0.252

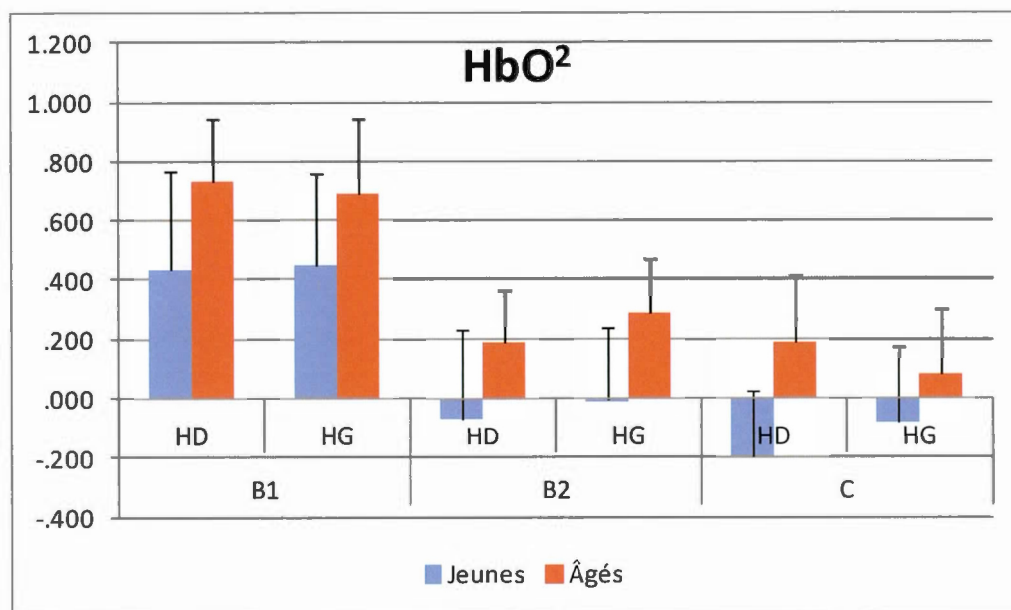
** $p < 0.01$

Tableau 3.2.2.1.1a Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO² pour chaque paire source-détecteur (p1 à p8), chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1= positive ; b2= négative ; c=contrôle) de la tâche *RME*

PAIRE	BLOC1 (positive)		BLOC2 (négative)		CONTRÔLE	
	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)
PAIRE 1	0.072 (1.478)	0.391 (0.924)	-0.299 (1.31)	-0.091 (0.919)	-0.405 (0.900)	-0.181 (1.025)
PAIRE 2	0.121 (1.842)	0.593 (0.632)	-0.042 (1.735)	-0.108 (0.822)	-0.274 (1.058)	0.037 (1.014)
PAIRE 3	0.735 (1.810)	0.968 (1.603)	-0.109 (1.321)	0.515 (0.729)	-0.099 (1.232)	0.492 (0.980)
PAIRE 4	0.812 (1.428)	0.979 (1.198)	0.170 (1.215)	0.448 (0.912)	-0.007 (1.135)	0.418 (1.012)
HD	0.435 (1.417)	0.733 (0.878)	-0.07 (1.283)	0.191 (0.711)	-0.197 (0.954)	0.191 (0.911)
PAIRE 5	-0.088 (1.191)	0.357 (0.918)	-0.373 (1.131)	0.008 (0.782)	-0.400 (0.969)	-0.227 (1.010)
PAIRE 6	0.930 (1.360)	0.832 (1.420)	0.192 (1.308)	0.395 (0.916)	-0.015 (1.453)	0.244 (1.115)
PAIRE 7	0.222 (1.703)	0.598 (1.164)	-0.117 (1.161)	0.239 (0.984)	-0.100 (1.159)	0.061 (1.064)
PAIRE 8	0.721 (1.870)	0.958 (1.223)	0.279 (1.001)	0.519 (0.692)	0.180 (1.120)	0.241 (0.925)
HG	0.447 (1.328)	0.686 (1.068)	-0.005 (1.029)	0.290 (0.738)	-0.084 (1.088)	0.080 (0.925)

À noter que les données brutes (moyennes et écarts-types) de HbO² ont été multipliées par la constante 100000 afin d'en faciliter la représentation

Figure 3.2.2.1.1 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO^2 pour chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1= positive ; b2= négative ; c=contrôle) de la tâche *RME*



3.2.2.1.2 HbR

Le Tableau 3.2.2.1.2 qui suit présente les résultats des analyses statistiques pour HbR. Or, aucun résultat significatif n'a été décelé. Cependant, un effet de condition pour l'activation HbR à la condition négative (Bloc 2), soit lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion négative dans le regard des yeux des photographies présentées, a presque été décelé puisque ce résultat se trouve près du seuil significatif ($p = 0.063$). La concentration de HbR semble alors plus élevée en réponse à la condition négative qu'en réponse à la tâche contrôle. Le tableau 3.2.2.1.2a précise les moyennes

d'activation pour chaque paire source-détecteur en fonction de chaque condition expérimentale pour HbR et la figure 3.2.2.1.2 illustre ces données.

Tableau 3.2.2.1.2 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant chacune des deux conditions (B1=positive ; B2=négative) de la tâche RME à la tâche contrôle pour HbR

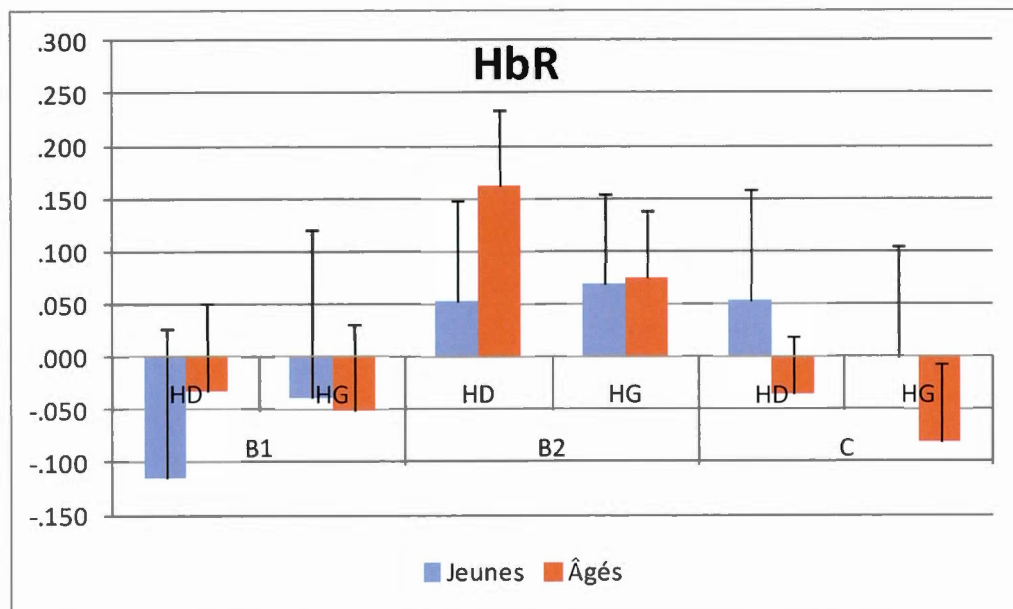
EFFET	B1_Contrôle		B2_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Condition	0.682	0.415	3.697	0.063
Condition X Groupe	0.000	1.000	1.121	0.297
Hémisphère	0.000	1.000	0.000	1.000
Hémisphère X Groupe	0.000	1.000	0.000	1.000
Condition X Hémisphère	0.000	1.000	0.000	1.000
Condition X Hémisphère X Groupe	0.000	1.000	3.162	0.085
Groupe	0.046	0.831	0.003	0.959

Tableau 3.2.2.1.2a Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour chaque paire source-détecteur (p1 à p8), chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1= positive ; b2= négative ; c=contrôle) de la tâche *RME*

PAIRE	BLOC1 (positive)		BLOC2 (négative)		CONTRÔLE	
	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)
PAIRE 1	-0.020 (0.714)	-0.048 (0.326)	-0.020 (0.519)	0.118 (0.297)	0.100 (0.479)	-0.024 (0.286)
PAIRE 2	-0.331 (0.897)	-0.053 (0.458)	0.058 (0.451)	0.100 (0.378)	0.091 (0.561)	-0.059 (0.214)
PAIRE 3	-0.021 (0.505)	-0.101 (0.472)	0.102 (0.406)	0.226 (0.405)	0.049 (0.491)	-0.076 (0.338)
PAIRE 4	-0.082 (0.734)	0.075 (0.376)	0.076 (0.523)	0.207 (0.354)	-0.023 (0.374)	0.021 (0.280)
HD	-0.114 (0.598)	-0.032 (0.343)	0.054 (0.400)	0.163 (0.290)	0.054 (0.442)	-0.034 (0.224)
PAIRE 5	-0.063 (0.654)	-0.081 (0.406)	0.031 (0.457)	-0.007 (0.336)	0.006 (0.507)	-0.150 (0.429)
PAIRE 6	0.115 (0.821)	0.047 (0.529)	0.203 (0.510)	0.223 (0.346)	0.025 (0.506)	0.000 (0.306)
PAIRE 7	-0.189 (0.746)	-0.116 (0.379)	-0.001 (0.379)	0.023 (0.354)	0.040 (0.598)	-0.104 (0.367)
PAIRE 8	-0.021 (0.759)	-0.053 (0.253)	0.039 (0.362)	0.056 (0.223)	-0.069 (0.413)	-0.069 (0.258)
HG	-0.039 (0.676)	-0.051 (0.339)	0.068 (0.364)	0.074 (0.266)	0.000 (0.447)	-0.081 (0.311)

À noter que les données brutes (moyennes et écarts-types) de HbR ont été multipliées par la constante 100000 afin d'en faciliter la représentation

Figure 3.2.2.1.2 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour chaque hémisphère (HD et HG) et chaque condition (b1 = positive ; b2 = négative ; c = contrôle) de la tâche RME



3.2.2.2 Résultats selon les différentes conditions expérimentales en tenant compte de la localisation précise des activations

3.2.2.2.1 HbO²

Les résultats des analyses réalisées afin de préciser davantage la latéralisation des activations sont identiques aux résultats obtenus en fonction de chaque hémisphère. Effectivement, on observe un effet de condition significatif à la condition positive (Bloc 1), soit lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion positive dans le regard des yeux des photographies présentées, tant pour les analyses réalisées sur l'activation aux

paires latérales (Bloc 1 ; $F_{1,33} = 6.129$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.157$; Tableau 3.2.2.2.1) que celles réalisées sur les paires médianes ($F_{1,32} = 7.994$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = 0.200$; Tableau 3.2.2.2.1). En particulier, l'activation HbO^2 est significativement supérieure en réponse à la condition positive (paires latérales : $M = 6.098^{\text{E}-6}$, $ET = 13.467^{\text{E}-6}$; paires médianes : $M = 5.775^{\text{E}-6}$, $ET = 9.879^{\text{E}-6}$), qu'en réponse à la tâche contrôle (paires latérales : $M = 0.631^{\text{E}-6}$, $ET = 9.420^{\text{E}-6}$; paires médianes : $M = -0.151^{\text{E}-6}$, $ET = 8.901^{\text{E}-6}$). Le tableau 8.3 (Annexe H) précise les moyennes d'activation pour HbO^2 alors que la figure 8.3 donne un aperçu visuel de celles-ci.

Tableau 3.2.2.2.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les paires situées en région latérale de chaque hémisphère (2-3 vs 7-8) ainsi que celles situées en région médiane (1-4 vs 5-6) aux paires respectives de la tâche contrôle pour chacune des conditions de la tâche RME (B1=positive ; B2=négative) pour HbO^2

EFFET	B1 (positive)_Contrôle		B2 (négative)_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Paires Latérales (2-3 = Droit; 7-8 = Gauche)</i>				
Condition	6.129	0.019*	0.247	0.623
Condition X Groupe	0.000	1.000	0.000	1.000
Hémisphère	0.287	0.596	1.828	0.186
Hémisphère X Groupe	0.799	0.378	0.688	0.413
Condition X Hémisphère	0.390	0.536	0.251	0.619
Condition X Hémisphère X Groupe	1.493	0.230	1.632	0.210
Groupe	0.897	0.351	1.320	0.259

EFFET	B1 (positive)_Contrôle		B2 (négative)_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Paires Médianes (1-4 = Droit; 5-6 = Gauche)</i>				
Condition	7.994	0.008**	0.150	0.702
Condition X Groupe	0.055	0.816	0.041	0.841
Hémisphère	0.722	0.402	0.340	0.564
Hémisphère X Groupe	0.546	0.465	0.179	0.675
Condition X Hémisphère	0.000	1.000	0.980	0.330
Condition X Hémisphère X Groupe	0.000	1.000	1.563	0.220
Groupe	2.144	0.153	2.579	0.118

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

3.2.2.2.2 HbR

Lorsque l'on tient compte des paires latérales, les analyses réalisées ne révèlent aucun résultat significatif pour HbR. Cependant, similairement aux analyses réalisées en fonction de l'activation à chaque hémisphère, on note tout de même un effet de condition qui est près du seuil significatif ($p = 0.074$) lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion négative dans le regard des yeux des photographies (Bloc 2) et que les paires latérales sont considérées (Tableau 3.2.2.2.2). En effet, la concentration de HbR obtenue en réponse à la condition négative semble supérieure en comparaison à celle obtenue en réponse à la tâche contrôle.

Néanmoins, lorsque les analyses portent sur les paires médianes, celles-ci démontrent un effet de condition significatif lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion négative dans le regard des photographies présentées (Bloc 2 ; $F_{1, 32} = 4.259$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.117$;

Tableau 3.2.2.2.2). En particulier, l'activation HbR est significativement supérieure lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion négative ($M = 1.047^E-6$, $ET = 3.480^E-6$) que lors de la tâche contrôle lorsqu'il s'agit d'identifier le genre de la personne dans les photographies ($M = .156^E-6$, $ET = 3.129^E-6$). Le tableau 8.4 (Annexe H) précise les moyennes d'activation pour HbR alors que la figure 8.4 (Annexe H) donne un aperçu visuel de celles-ci.

Tableau 3.2.2.2.2 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les paires situées en région latérale de chaque hémisphère (2-3 vs 7-8) ainsi que celles situées en région médiane (1-4 vs 5-6) aux paires respectives de la tâche contrôle pour chacune des conditions de la tâche RME (B1=positive ; B2=négative) pour HbR

EFFET	B1 (positive)_Contrôle		B2 (négative)_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Paires Latérales (2-3 = Droit; 7-8 = Gauche)</i>				
Condition	2.184	0.149	3.402	0.074
Condition X Groupe	0.436	0.514	0.544	0.466
Hémisphère	0.000	1.000	3.126	0.086
Hémisphère X Groupe	0.556	0.461	0.500	0.484
Condition X Hémisphère	1.534	0.225	1.156	0.290
Condition X Hémisphère X Groupe	0.987	0.328	1.074	0.308
Groupe	0.299	0.589	0.126	0.725

EFFET	B1 (positive)_Contrôle		B2 (négative)_Contrôle	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Paires Médianes (1-4 = Droit; 5-6 = Gauche)</i>				
Condition	0.207	0.653	4.259	0.047*
Condition X Groupe	0.450	0.507	0.450	0.507
Hémisphère	0.185	0.670	0.000	1.000
Hémisphère X Groupe	0.402	0.531	0.421	0.521
Condition X Hémisphère	0.327	0.572	0.000	1.000
Condition X Hémisphère X Groupe	0.711	0.406	0.995	0.326
Groupe	0.353	0.557	0.114	0.738

* $p < 0.05$

3.2.2.3 Résultats selon la latence des activations (HbO²)

Lorsque l'on compare le temps de latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO², on observe une interaction significative de type Condition x Groupe ($F_{1,33} = 5.195$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.136$; Tableau 3.2.2.3.1). La décomposition de cette interaction nous informe qu'il y a une différence significative entre les groupes pour la condition négative, soit lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion négative présente dans le regard (Bloc 2; $F_{1,33} = 9.685$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = 0.227$). En particulier, les personnes âgées ($M = 42.52$, $ET = 14.91$; tableau 3.2.2.3.1a) présentent un temps de latence significativement supérieur à celui des jeunes ($M = 26.16$, $ET = 16.11$) lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion négative présente dans le regard. La décomposition de l'interaction nous indique également qu'il y a une différence significative entre la condition positive (Bloc 1) et la condition négative

(Bloc 2) pour le temps de latence requis avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte, mais seulement chez les personnes âgées ($F_{1, 33} = 5.464$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = 0.142$). Spécifiquement, le temps de latence est significativement supérieur lors de la condition négative ($M = 42.52$, $ET = 14.91$) en comparaison à la condition positive (30.87 , $ET = 15.65$). Le graphique 3.2.2.3.1 illustre bien la tendance et démontre clairement qu'un temps de latence accru est présent chez les personnes âgées pour toutes les paires d'activation lors de la condition négative. Le tableau 3.2.2.3.1a présente les moyennes et les écarts-types pour le temps requis (latence) avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO^2 , en fonction de chaque paire source-détecteur.

Tableau 3.2.2.3.1 Résultats des ANOVA à mesures répétées comparant les deux conditions de la tâche RME (B1 = positive, B2 = négative) pour la latence avant qu'une activation maximale de HbO^2 soit atteinte

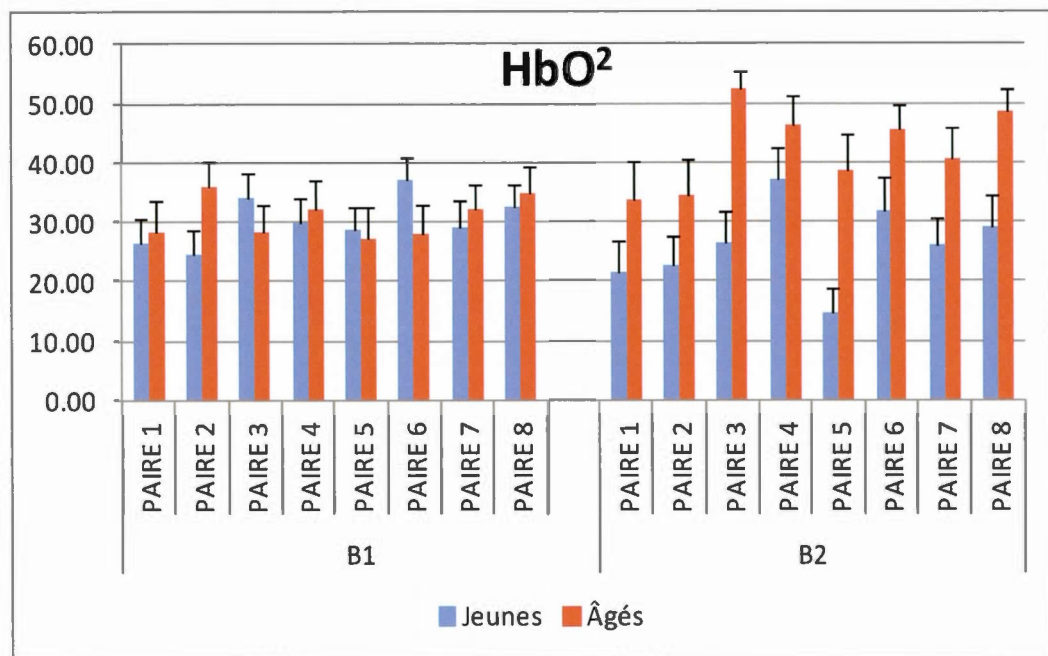
	B1 vs B2	
	<i>F</i>	<i>p</i>
Condition	1.152	0.291
Groupe X Condition	5.195	0.029*
Groupe	5.636	0.024*

* $p < 0.05$

Tableau 3.2.2.3.1a Moyenne et (écarts-type) pour chaque paire source-détecteur en fonction des différentes conditions de la tâche *RME* (Bloc1 = positive ; Bloc2 = négative ; Contrôle) pour la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO²

PAIRE	BLOC1 (positive)		BLOC2 (négative)		CONTRÔLE	
	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)
PAIRE 1	26.33 (18.96)	28.48 (20.79)	21.66 (22.65)	33.62 (26.25)	18.85 (19.48)	17.83 (17.62)
PAIRE 2	24.58 (17.15)	35.90 (18.28)	22.61 (21.59)	34.37 (25.94)	20.82 (18.95)	28.23 (18.71)
PAIRE 3	34.22 (16.73)	28.29 (19.60)	26.35 (22.92)	52.50 (11.82)	24.71 (22.63)	32.82 (17.04)
PAIRE 4	30.06 (16.86)	32.18 (20.93)	37.14 (22.84)	46.41 (20.15)	25.47 (21.82)	29.38 (17.58)
PAIRE 5	28.75 (16.70)	27.31 (21.27)	14.81 (17.21)	38.61 (24.74)	26.78 (22.73)	17.98 (16.99)
PAIRE 6	37.22 (16.37)	28.04 (19.93)	31.76 (24.69)	45.61 (16.79)	22.07 (20.83)	25.41 (20.35)
PAIRE 7	29.13 (18.80)	32.07 (18.36)	25.91 (19.35)	40.50 (21.36)	22.77 (23.93)	22.46 (17.10)
PAIRE 8	32.55 (16.65)	34.73 (19.03)	29.07 (23.44)	48.53 (15.81)	25.91 (22.37)	28.94 (18.26)
TOTAL	30.35 (11.79)	30.87 (15.65)	26.16 (16.11)	42.52 (14.91)	23.42 (16.07)	25.38 (12.04)

Figure 3.2.2.3.1 Moyenne et (écarts-type) pour chaque paire source-détecteur en fonction des différentes conditions de la tâche *RME* (Bloc1=positive ; Bloc2=négative) pour la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO^2

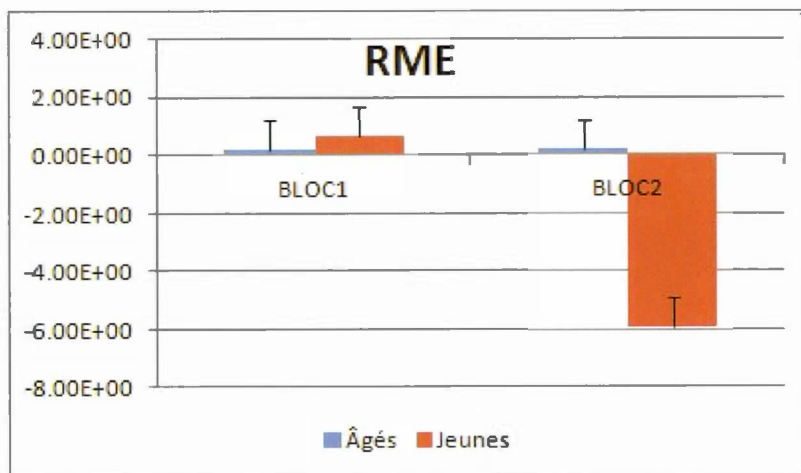


3.2.2.4 Indice de latéralité (HbO^2)

L'indice de latéralité est positif lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion positive dans le regard, et ce, autant pour les participants jeunes qu'âgés, ce qui suggère donc une dominance hémisphérique droite pour l'identification des émotions positives. En revanche, lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion négative dans le regard, l'indice de latéralité est positif chez les participants âgés (dominance hémisphérique droite), alors qu'il est négatif chez les jeunes (dominance hémisphérique gauche). La figure 3.2.2.4 illustre ces données. Rappelons qu'un indice de latéralité > 0 ou positif

suggère une activation préférentielle de la région préfrontale droite alors qu'un indice de latéralité < 0 ou négatif suggère plutôt une activation préférentielle du cortex préfrontal de l'hémisphère gauche.

Figure 3.2.2.4 Données relatives à la latéralité hémisphérique pour HbO_2 lors des conditions expérimentales (BLOC1 ou condition positive et BLOC2 ou condition négative) de la tâche *RME*



3.2.2.5 Corrélations

Des analyses corrélationnelles ont aussi été réalisées afin de préciser le lien potentiel unissant le score obtenu aux questionnaires d'empathie, la performance aux tâches expérimentales et les activations enregistrées à la séance d'imagerie optique lors de la tâche *RME*. Le tableau 3.2.1.5.1 démontre les résultats significatifs des analyses corrélationnelles effectuées pour HbO_2 alors que le tableau 3.2.1.5.2 indique les

corrélations significatives pour HbR. Les résultats pour l'ensemble des analyses corrélationnelles réalisées se retrouvent aux tableaux 7.3 et 7.4 à l'Annexe G.

D'abord, chez les jeunes participants, on observe une corrélation positive entre le nombre de bonnes réponses obtenues lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion positive (Bloc 1) illustrée dans le regard des photographies présentées lors de la tâche *RME* et l'activation HbO² enregistrée lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion négative (Bloc 2) perçue dans le regard des photographies présentées lors de la tâche *RME* ($r(16) = 0.703, p = 0.001$). Ainsi, un score plus élevé à la condition positive de la tâche *RME* est associé à un niveau plus élevé d'activation HbO² lors de la condition négative de cette même tâche. De plus, le test des différences indique une différence significative entre les groupes à l'égard de cette corrélation ($p < 0.05$). Une corrélation positive est également apparente entre le niveau de joie rapporté par les participants lors de la condition positive (Bloc 3) de la tâche *KDEF* et l'activation HbO² enregistrée lors de la condition négative (Bloc 2) de la tâche *RME* ($r(16) = 0.560, p < 0.05$). Un niveau d'attribution émotionnel plus élevé lors du visionnement des photographies illustrant la joie à la tâche *KDEF* est associé à une activation plus élevée de HbO² lors de la condition négative de la tâche *RME*, quoique la différence de corrélation entre les groupes ne soit pas significative ($p > 0.05$). Enfin, lorsque l'on tient compte des activations HbR, on note une corrélation négative entre le *QIP*, ainsi que le *QI*, et l'activation enregistrée en réponse à la condition positive (Bloc 1) de la tâche *RME*, soit lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion à valence positive dans le regard des photographies présentées (*QIP* : $r(16) = -0.580, p < 0.05$, *QI* : $r(16) = -0.568, p < 0.05$). Ainsi, un *QI* ou un *QIP* plus élevé est associé à une activation plus faible de HbR lors de la condition positive de la tâche *RME*. À noter que le test des différences indique une différence significative entre les participants jeunes et âgés lorsque l'on tient compte de ces corrélations ($p < 0.05$).

Chez les personnes âgées, la performance à l'échelle *PT* du questionnaire IRI corrèle positivement avec l'activation HbO^2 enregistrée lors de la condition négative (Bloc 2) de la tâche *RME*, soit lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion à valence négative dans le regard des photographies présentées ($r(15) = 0.599, p < 0.05$). Un score plus élevé à ce questionnaire est donc associé à une activation plus élevée de HbO^2 lors de la condition négative de la tâche *RME*. On documente également une corrélation, négative cette fois, entre le nombre de bonnes réponses obtenues lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion négative (Bloc 2) perçue dans le regard lors de la tâche *RME* et l'activation HbO^2 enregistrée lors de la condition positive (Bloc 1) de cette même tâche, soit lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion à valence positive perçue dans le regard ($r(15) = -0.494, p < 0.05$). Une meilleure performance à la condition négative de la tâche *RME* est donc associée à une plus faible activation de HbO^2 lors de la condition positive de cette même tâche. Cependant, aucune différence significative n'est apparente entre les groupes pour ces corrélations ($p > 0.05$). Aucune corrélation significative n'est apparente chez les participants âgés pour les activations HbR enregistrées lors de la tâche *RME*.

CHAPITRE IV

DISCUSSION

L'objectif principal de ce projet de recherche était d'examiner les corrélats neuronaux propres à l'empathie et de les comparer entre un groupe de personnes âgées et un groupe de jeunes adultes lors d'une séance d'imagerie optique proche infrarouge. En particulier, ce projet de recherche devait nous permettre d'examiner les changements neurobiologiques et neuropsychologiques de l'empathie lors du vieillissement normal. Plus spécifiquement encore, cette étude visait l'exploration de l'hypothèse d'une réduction de l'asymétrie hémisphérique (i.e., *HAROLD*) chez les personnes âgées qui conservent un potentiel similaire et comparable à celui des jeunes adultes, sur la base de leurs performances aux tâches faisant appel aux habiletés cognitives et émotionnelles (i.e., tâche d'interprétation du regard ou *RME*). Une telle prédiction reposait sur le phénomène de réduction de l'asymétrie hémisphérique chez certaines personnes âgées observé lors de tâches ciblant spécifiquement les capacités cognitives, par exemple la mémoire épisodique (Cabeza, 2002). Or, très peu d'études ont tenté d'explorer l'impact du vieillissement normal sur les performances aux tâches exploitant autant les capacités cognitives qu'émotionnelles. De plus, selon nos connaissances, aucune n'a encore abordé ce thème en utilisant une technique d'imagerie permettant un environnement d'expérimentation qui se rapproche davantage du milieu naturel, comme l'imagerie optique proche infrarouge.

Afin d'examiner de plus près l'hypothèse d'une réduction de l'asymétrie hémisphérique chez les personnes âgées qui conservent un potentiel similaire à celui de jeunes adultes, un sous-groupe de personnes âgées obtenant de moins bonnes performances était nécessaire en guise de comparaison. Pour ce faire, les résultats obtenus par chaque participant aux différents questionnaires servant à mesurer

l'empathie (*EQ*, *EC* et *PT* de l'IRI) devaient être utilisés afin de former un groupe de personnes âgées qui allait se distinguer en deux profils de performance. Le premier profil devait comporter les participants âgés obtenant une performance moyenne similaire et comparable à celle obtenue par les jeunes participants, et le deuxième devait comporter les personnes âgées ayant obtenu une performance significativement inférieure à celle obtenue par les jeunes aux questionnaires en question. Toutefois, les résultats rapportés n'ont démontré aucune différence significative entre les deux groupes de personnes âgées ainsi constitués et les jeunes adultes, tant au questionnaire *EQ*, qu'aux deux sous-échelles administrées de l'IRI (*EC* et *PT*). En effet, les analyses statistiques ont démontré que chacun des groupes était relativement homogène quant à leurs performances à ces questionnaires, ce qui corrobore certains résultats rapportés dans la littérature. Chen, Chen, Decety & Cheng (2014) n'ont d'ailleurs trouvé aucune différence significative entre les participants âgés et les jeunes à l'échelle *prise de perspective* de l'IRI. Dans leur étude, les participants âgés rapportaient toutefois un niveau significativement plus faible d'empathie aux autres échelles de l'IRI en comparaison aux jeunes participants. En revanche, O'Brien, Konrath, Grühn & Hagen (2012) rapportent dans leur étude des niveaux d'empathie significativement supérieurs chez les participants âgés comparativement aux jeunes aux deux échelles de l'IRI (*souci empathique* et *prise de perspective*). Dans cette étude, ce sont les adultes d'âge moyen qui rapportaient les niveaux les plus élevés en comparaison aux autres participants (jeunes et plus âgés). Ces résultats suggèrent donc une trajectoire de type U-inversé pour les niveaux d'empathie rapportés lors du vieillissement normal. Notons toutefois que cette étude a été réalisée auprès d'un échantillon très large de la population américaine. L'échantillon utilisé par Chen, Chen, Decety & Cheng (2014) était beaucoup moins large en comparaison, tout comme le nombre de participants recrutés pour la présente étude, ce qui pourrait expliquer les résultats légèrement différents obtenus. Par ailleurs, similairement à Bailey et collègues (2008), aucune différence n'a été trouvée entre les groupes pour le score total obtenu au questionnaire *EQ*, quoiqu'une différence de groupe était

apparente aux items sélectionnés comme facteur ‘cognitif’ dans leur étude. Notons également que l’étude de Bailey et collègues (2008) comportait plus de participants et que la moyenne d’âge pour le groupe de participants âgés était supérieure au groupe de participants âgés de la présente étude. Pour l’étude actuelle, il n’a donc pas été possible d’observer deux sous-groupes de personnes âgées se distinguant sur la base de leurs performances aux questionnaires administrés. Pour cette raison, les analyses statistiques ont été effectuées sur la base de l’appartenance à l’un des deux groupes de participants initiaux (âgés et jeunes). De même, aucune différence significative n’a été observée entre les groupes quant à la performance obtenue à la tâche *RME* (nombre de bonnes réponses). Un nombre similaire d’erreurs a d’ailleurs été commis par les deux groupes, ce qui va à l’encontre des résultats rapportés par Bailey et collègues (2008). En effet, les résultats de leur étude démontrent que les participants âgés performant significativement moins bien que les jeunes à la tâche *RME*. Rappelons toutefois que la moyenne d’âge du groupe de participants âgés à cette étude était plus élevée qu’à l’étude actuelle et que la tâche *RME* comportait quatre choix de réponses au lieu de deux, ce qui augmente le niveau de difficulté.

En somme, les résultats de la présente étude suggèrent que le profil de performances aux épreuves servant à évaluer l’empathie est similaire entre les personnes âgées et les jeunes adultes.

5.1 Tâches neuropsychologiques

Lorsque l’on examine les résultats obtenus aux tâches neuropsychologiques, on constate que les personnes âgées ont moins bien performé que les jeunes adultes aux tâches cognitives évaluant entre autres certaines fonctions attentionnelles et

exécutives, ce qui soutient notre hypothèse de départ. En effet, tel qu'attendu, les participants âgés ont significativement moins bien performé que les jeunes adultes aux épreuves neuropsychologiques évaluant notamment la vitesse psychomotrice et l'attention simple (e.g., *Substitutions*, *Copie de Symboles*, *D2*, *Traçage de pistes A*, *STROOP couleur*, *STROOP mot*). Ces résultats suggèrent donc que les participants âgés performant significativement plus lentement aux épreuves de vitesse que les jeunes, ce qui corrobore les informations déjà largement établies dans la littérature du vieillissement cognitif (Salthouse, 2000; Salthouse, 2004). De même, les épreuves évaluant la flexibilité cognitive (e.g., *Traçage de pistes B*, *Indice B-A*, *STROOP flexibilité*, *Indice Flexibilité – Couleur*) et les capacités d'inhibition (e.g., *STROOP interférence* et *Indice Interférence – Couleur*) ont aussi été significativement moins bien réussies par les participants âgés en comparaison aux jeunes participants. Une performance significativement plus faible a aussi été notée chez les participants âgés à l'épreuve *Histoires en Images*. Pris ensemble, ces résultats suggèrent donc que les capacités de flexibilité cognitive des participants âgés sont significativement inférieures à celles des jeunes, ce qui appuie les données de la littérature au sujet de l'effet du vieillissement sur ces fonctions exécutives (Wecker, Kramer, Hallam & Delis, 2005; Kowalczyk, MacDonald, Cranney & McMahon, 2001, Keys & White, 2000).

En ce qui concerne les résultats des corrélations exploratoires effectuées entre les questionnaires d'empathie, les épreuves neuropsychologiques et les tâches expérimentales, on note chez les jeunes participants la présence de corrélations positives entre les performances obtenues à deux questionnaires d'empathie (*EQ* et sous-échelle *PT* de l'*IRI*) et le niveau d'émotion ressenti lors de la tâche *KDEF*. Or, ces résultats suggèrent un lien entre l'état émotionnel sollicité de la part du participant à la tâche *KDEF* (composante émotionnelle de l'empathie) et sa disposition personnelle à comprendre la perspective d'autrui (sous-échelle *PT* de l'*IRI*,

composante cognitive de l'empathie), ce qui pourrait donc corroborer le fait que ces deux composantes sont nécessaires à l'expression adéquate et optimale de l'empathie (Decety & Jackson, 2004). Parallèlement, ce résultat suggère également que la capacité cognitive à adopter le point de vue ou la perspective d'autrui (sous-échelle *PT*) semble essentielle pour favoriser le partage de l'émotion perçue chez l'autre. De plus, la présence de corrélations entre les performances à certains questionnaires d'empathie et celles obtenues à certaines mesures de flexibilité cognitive est apparente. Par exemple, une corrélation négative est notée entre les performances au questionnaire *EQ* ainsi qu'aux échelles *EC* et *PT* de l'IRI et le temps requis pour compléter l'épreuve STROOP *Flexibilité*. On note également la présence de corrélations négatives entre le nombre de bonnes réponses obtenues par les jeunes participants à la condition négative de la tâche *RME* et une autre mesure de flexibilité cognitive (temps requis pour compléter le *Traçage de pistes B* et l'Indice *B-A*). Enfin, chez les participants âgés, le score à l'échelle *PT* corrèle également négativement au temps requis pour compléter la condition *Interférence* du STROOP. Ces corrélations suggèrent donc un lien important entre la flexibilité cognitive et les performances à certains questionnaires d'empathie, de même qu'entre la flexibilité cognitive et la capacité à identifier l'émotion perçue dans le regard des photographies présentées. D'ailleurs, toutes les corrélations documentées sont négatives, de sorte que les scores obtenus aux différents questionnaires sont associés à de meilleures performances aux épreuves de flexibilité (temps de complétion plus court). Ces résultats soutiennent donc notre hypothèse de départ qui stipulait que les performances aux épreuves neuropsychologiques évaluant notamment les fonctions exécutives corrèleraient avec les mesures d'empathie utilisées (questionnaires, *RME*). Les résultats appuient aussi les données de la littérature qui précisent qu'un lien existe entre la flexibilité cognitive et l'empathie (Eslinger, 1998; Grattan & Eslinger, 1989; Grattan, Bloomer, Archambault & Eslinger, 1994; Shamay-Tsoory, Tomer, Berger & Aharon-Peretz, 2003; Shamay-Tsoory, Tomer, Glodsher, Berger & Aharon-Peretz, 2004). Selon Decety & Jackson (2004), la flexibilité cognitive représente même une sous-

composante nécessaire à l'empathie cognitive. Cependant, une corrélation négative est aussi apparente chez les jeunes participants entre les scores obtenus à l'échelle *EC* de l'IRI et la performance au sous-test *Histoires en Images* du WAIS-III qui fait pourtant appel aux capacités de flexibilité cognitive. Ce résultat pourrait sembler contradictoire. Toutefois, puisque l'échelle *EC* représente une mesure de l'empathie émotionnelle plutôt que cognitive, la corrélation négative notée entre le sous-test *Histoire en images* et l'échelle *EC* est possiblement tout à fait justifiable. En effet, une corrélation positive aurait été attendue entre le sous-test *Histoires en Images* et l'échelle *PT* de l'IRI qui évalue notamment les capacités d'un individu à adopter la perspective d'autrui et qui se veut donc une mesure de l'empathie cognitive. Enfin, chez les participants âgés, une corrélation positive est apparente entre les performances aux deux échelles de l'IRI (*EC* et *PT*) et celles obtenues au sous-test *Similitudes* du WAIS-III, alors que, chez les jeunes participants, la performance au sous-test *Similitudes* corrèle positivement avec le nombre de bonnes réponses à la tâche *RME*, ce qui suggère une relation entre les capacités d'abstraction verbale et l'empathie. Il est d'ailleurs possible que les personnes dotées de meilleures capacités d'abstraction verbale aient une certaine facilité lorsqu'il s'agit d'inférer et de comprendre les émotions d'une autre personne puisqu'elles parviennent à conceptualiser leur expérience plus facilement. Enfin, chez les jeunes participants, un lien est noté entre le *QI* et le nombre de bonnes réponses obtenues à la condition négative de la tâche *RME*. Cette association est aussi apparente pour le *QIV*. Or, puisque ce lien n'a pas été trouvé chez les participants âgés, on pourrait croire que les deux groupes utilisent des stratégies différentes lors de l'identification des émotions. Par exemple, les jeunes utilisent possiblement davantage leurs connaissances, notamment leur vocabulaire, pour identifier les émotions, alors que les participants âgés se fient possiblement davantage à leurs expériences passées. En lien avec cette hypothèse, rappelons que les personnes âgées présentent un biais pour le traitement des émotions à valence positive, de même qu'un meilleur souvenir de l'information jugée positive, alors que l'effet contraire est rapporté chez les jeunes (Charles, Mather

& Carstensen, 2003; Lockenhoff & Carstensen, 2004; Phillips, MacLean & Allen, 2002; Mather & Carstensen, 2005; Spaniol, Voss & Grady, 2008). Rappelons cependant que le test des différences n'a décelé aucune différence significative entre les groupes à l'égard de cette corrélation.

5.2 Karolinska Directed Emotional Faces (*KDEF*)

Lorsque l'on examine les résultats d'imagerie optique, on constate une activation supérieure de HbO^2 à celle observée lors d'une tâche contrôle, tous participants confondus, lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion (*KDEF*), peu importe qu'elle soit négative ou positive (i.e., tristesse ou joie). Lorsque des paires spécifiques ont été ciblées afin de préciser la latéralisation des activations, une activation significativement supérieure de HbO^2 a une fois de plus été observée lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion négative en comparaison à l'activation obtenue en réponse à la tâche contrôle et ce, peu importe que les analyses soient effectuées sur les paires latérales (CPFdl) ou médianes (CPFm). De plus, lorsque l'on tient compte des paires médianes, on note une différence significative d'activation HbO^2 entre la condition négative et la tâche contrôle pour l'hémisphère droit (paires 1-4) et l'hémisphère gauche (paires 5-6), l'activation étant encore une fois supérieure en réponse à la condition négative qu'à la tâche contrôle. Une activation significative de HbO^2 est également notée en réponse à la condition positive lorsque l'on considère les paires médianes, l'activation étant supérieure lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion positive. Or, mis ensemble, ces résultats suggèrent donc une activation préfrontale et bilatérale significative lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion à valence positive ou négative. Les analyses effectuées afin de préciser davantage la latéralisation n'ont pas réussi à identifier un hémisphère cible pour les activations obtenues aux différentes conditions expérimentales. Néanmoins, bien qu'aucune activation significative de

HbO² n'ait été décelée aux paires latérales en réponse à la condition positive de la tâche *KDEF*, une activation significative a bien été notée aux paires médianes. Ces résultats suggèrent que le cortex préfrontal médian est une région préférentiellement activée lorsque l'on ressent une émotion positive, telle la joie. Enfin, il est également à noter qu'il existe une différence de groupe dans l'activation HbO² à la condition neutre, tant lorsque les analyses tiennent compte des paires latérales que médianes, de sorte qu'une activation significativement supérieure est documentée chez les participants âgés. Ce résultat pourrait suggérer que les participants âgés ont mis plus d'effort que les jeunes à essayer de ressentir l'émotion perçue sur les visages, soit parce qu'ils avaient de la difficulté à identifier cette émotion (neutre) ou encore parce qu'ils avaient de la difficulté à demeurer neutre face à l'expression perçue.

Lorsque les analyses concernent l'activation HbR, on constate une différence significative entre l'activation HbR obtenue lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion positive ou négative et celle obtenue en réponse à la tâche contrôle. Or, tel qu'attendu, l'activation HbR est significativement inférieure à la condition positive et négative de la tâche *KDEF* qu'à la tâche contrôle. Rappelons qu'à ces mêmes conditions, une augmentation de l'activation de HbO² avait été documentée. Rappelons aussi que le fonctionnement de l'imagerie optique repose sur le principe qu'une augmentation de l'activité cérébrale engendre une augmentation de la métabolisation de l'oxygène et du flot sanguin à la région précise sollicitée par la tâche. Une telle activation se traduit donc typiquement par une augmentation de la concentration de HbO² et une diminution de la concentration de HbR. Ainsi, ces résultats corroborent ceux discutés ci-haut par rapport à l'activation accrue de HbO² en réponse aux conditions expérimentales et suggèrent donc une activation préfrontale significative lorsqu'il s'agit de ressentir une émotion à valence positive ou négative. Cependant, la décomposition des interactions documentées aux conditions positive et négative de la tâche *KDEF* nous informe que la différence significative

d'activation HbR qui existe entre la condition positive ou négative et la tâche contrôle existe seulement chez les jeunes. En particulier, l'activation HbR est significativement inférieure en réponse aux conditions expérimentales (condition positive et négative) qu'en réponse à la tâche contrôle. Ces résultats pourraient donc suggérer un traitement cérébral plus approfondi chez les jeunes participants. En effet, bien que les conditions expérimentales aient produit une augmentation significative de la concentration de HbO₂, peu importe le groupe d'appartenance, une diminution parallèle de la concentration de HbR est apparente seulement pour les jeunes participants. De plus, on observe les mêmes résultats lorsque les analyses sont effectuées sur les paires latérales. En effet, on constate une fois de plus une différence significative entre l'activation HbR obtenue en réponse à la condition positive ou négative et celle obtenue en réponse à la tâche contrôle, l'activation HbR étant significativement inférieure aux conditions expérimentales qu'à la tâche contrôle, mais seulement chez les jeunes. De plus, on note cette fois une différence significative dans l'activation HbR entre les groupes à la condition positive, de sorte que l'activation HbR est significativement inférieure chez les jeunes que chez les personnes âgées. Similairement aux résultats des analyses effectuées sur les paires latérales, les résultats des analyses effectuées sur les paires médianes démontrent une activation HbR significativement inférieure en réponse à la condition négative à celle obtenue en réponse à la tâche contrôle, mais seulement chez les jeunes. En ce sens, les résultats ne suggèrent généralement aucune différence significative chez les personnes âgées dans l'activation HbR entre les conditions expérimentales et la tâche contrôle. De plus, les personnes âgées présentent une activation HbR significativement supérieure à celle des jeunes à la condition positive lors des analyses effectuées sur les paires latérales. Ainsi, il est possible que ces participants aient tout simplement été moins engagés dans la tâche ou encore que la tâche ait suscité un engagement moins prononcé ou une activation réduite des structures préfrontales chez les personnes âgées. Un tel phénomène est d'ailleurs rapporté dans la littérature (Herrmann, Walter, Ehliis & Fallgatter, 2006; Kwee & Nakada, 2003).

Dans ces études, une activation significativement réduite du taux de HbO^2 accompagnée d'une réduction significativement inférieure de HbR a été notée chez les participants âgés en comparaison aux jeunes. Cette observation pourrait être assimilable à un phénomène d'épuisement cognitif si l'on considère que les participants sont confrontés à l'incapacité de recruter davantage d'oxygène pour le traitement requis par la tâche. D'ailleurs, il est également documenté que le taux de métabolisation de l'oxygène disponible dans le sang au niveau du cerveau augmente avec l'âge, alors que le niveau de flot sanguin cérébral diminue (Lu et. al., 2011). Les valeurs de HbO^2 pourraient ainsi paraître moins prononcées. Cette notion peut avoir des implications au niveau des performances obtenues de la part des participants âgés aux tâches cognitives de même qu'aux activations cérébrales observées à la séance IO. En revanche, une telle observation pourrait aussi suggérer qu'un phénomène de réorganisation se met en place, où un apport accru en oxygène est simplement redirigé vers d'autres régions cérébrales, lesquelles n'ont possiblement pas été ciblées par la séance d'imagerie optique actuelle. Ainsi, il est possible qu'un phénomène de réorganisation autre que le phénomène *HAROLD* soit à l'œuvre ici et donc qu'une réduction inférieure de l'apport HbR chez les personnes âgées en comparaison aux jeunes, pourrait tout de même suggérer un mécanisme d'activation accrue (Scherer, et. al., 2012). En effet, dans cette étude, un effet de l'âge était apparent sur les changements de concentration d'oxygénation du sang en réponse à une tâche de compréhension de texte, de sorte que chez les jeunes participants, des changements relativement à l'activation de HbR étaient principalement documentés, alors que les changements relativement à l'activation de HbO^2 étaient davantage apparents chez les participants âgés. Il n'y avait toutefois aucune différence entre les performances des deux groupes (nombre de bonnes réponses). Des mécanismes différents d'activation pourraient donc avoir contribué aux performances comparables entre les deux groupes. En effet, il est possible qu'en sollicitant moins fortement les structures préfrontales, la tâche *KDEF* activait plutôt des structures davantage postérieures. Selon Adolphs (2002), le cortex occipito-temporal jouerait un rôle important dans la

reconnaissance des émotions, notamment lors du traitement des stimuli émotionnels visuels. Les structures du système limbique, notamment l'amygdale, sont aussi bien connues pour leur rôle dans la perception des émotions et particulièrement pour les émotions signalant la présence d'un danger comme la peur (Adolphs, Tranel, Hamann, Young, Calder, Phelps et.al., 1999). Par ailleurs, il est aussi tout à fait possible que les participants âgés utilisent davantage leurs connaissances sémantiques lors du traitement d'expressions émotionnelles, alors que les jeunes participants se fient plutôt à leurs fonctions exécutives frontales, ce qui expliquerait l'utilisation de structures neuronales différentes entre les deux groupes.

En outre, similairement aux résultats obtenus pour HbO^2 , les activations HbR ne sont pas latéralisées à un hémisphère en particulier en fonction des différentes conditions expérimentales. Les activations paraissent donc largement bilatérales.

Enfin, bien que les activations HbO^2 et HbR paraissent largement bilatérales, l'indice de latéralité calculé pour HbO^2 aux conditions expérimentales, soit les conditions positive et négative, suggère une dominance hémisphérique gauche. Aucune latéralité hémisphérique n'a donc été décelée pour la valence des expressions faciales d'émotions. Or, bien que l'hypothèse d'une dominance hémisphérique droite pour le traitement des émotions, peu importe la valence, ait été discutée dans la littérature (Borod, Obler, Erhan, Grunwald, Cicero, Welkowitz, et. al., 1998; Charbonneau, Scherzer, Aspirot & Cohen, 2003), certaines études suggèrent plutôt la contribution des deux hémisphères lors du traitement des expressions faciales d'émotions (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Allen, Landi, Abbamonte, et. al., 2009; Killgore & Yurgelun-Todd, 2007).

Lorsque l'on examine de plus près les corrélations effectuées entre les questionnaires d'empathie, les mesures du *QI*, les réponses aux tâches expérimentales et les activations IO, on constate une corrélation positive entre le niveau de scolarité chez

les jeunes participants et l'activation HbO^2 en réponse à la condition négative de la tâche *KDEF*. Curieusement, pour les participants âgés, le *QI* ainsi que le *QIV* corrèlent négativement avec l'activation HbO^2 en réponse à la condition négative de la tâche *KDEF*. Or, ces corrélations suggèrent une différence dans la nature de la relation entre le niveau de scolarité, ou le potentiel intellectuel et les activations IO en réponse à la tâche *KDEF* entre les participants âgés et les jeunes. En effet, puisque l'on observe une corrélation négative chez les personnes âgées lorsque l'on tient compte du *QI* (ou du *QIV*) et de l'activation HbO^2 , on pourrait croire que les participants âgés instruits utilisent différentes régions cérébrales que les jeunes en réponse à la tâche *KDEF*. Cette hypothèse expliquerait l'activation moins prononcée de HbO^2 chez ces participants. D'ailleurs, rappelons que le test des différences suggère la présence d'une différence significative entre les deux groupes en ce qui a trait à la corrélation entre le *QIV* et l'activation HbO^2 en réponse à la condition négative de la tâche *KDEF*. Or, tel que discuté précédemment, une diminution de l'apport HbO^2 dans les régions préfrontales pourrait suggérer une incapacité à recruter davantage d'oxygène pour le traitement requis par la tâche (phénomène d'épuisement) ou l'utilisation de régions cérébrales différentes que celles ciblées par la tâche, suggérant donc un apport accru d'oxygène vers celles-ci (phénomène de réorganisation). Par ailleurs, de concert avec ces corrélations, on note chez les participants âgés une corrélation négative entre le nombre de bonnes réponses à la tâche *RME* et l'activation HbR en réponse à la tâche *KDEF* et une différence significative est apparente entre les groupes à l'égard de cette corrélation. Cependant, aucun lien n'est apparent entre le nombre de bonnes réponses à la tâche *RME* et l'activation HbO^2 chez les participants âgés, suggérant donc une fois de plus la possibilité que les participants âgés utilisent différentes régions cérébrales que celles ciblées par la tâche.

5.3 Tâche d'interprétation du regard (*RME*)

Lorsqu'il s'agit plutôt d'identifier l'émotion véhiculée par le regard dans les photographies des yeux présentées aux participants (*RME*), on constate alors une activation HbO^2 significativement supérieure en réponse à la condition positive qu'en réponse à la tâche contrôle, tous participants confondus. Aucune réduction parallèle de HbR n'est toutefois apparente lors de cette condition. D'ailleurs, les analyses effectuées sur l'activation de HbR n'ont démontré aucune différence significative entre les conditions expérimentales (conditions positive et négative) et la tâche contrôle. Par ailleurs, essentiellement les mêmes résultats ont été trouvés lorsque les analyses ont été effectuées sur les paires latérales et médianes. En effet, lorsque l'on tient compte des paires situées aux extrémités latérales (CPFdl) ou celles situées davantage au niveau du cortex préfrontal médian (CPFm), on note une différence significative d'activation HbO^2 entre la condition positive et la tâche contrôle, de sorte que l'activation HbO^2 est significativement supérieure en réponse à la condition positive qu'en réponse à la tâche contrôle. Cependant, les analyses effectuées sur l'activation HbR n'ont démontré aucune différence significative entre les conditions expérimentales (conditions positive et négative) et la tâche contrôle et ce, peu importe que l'on tienne compte des paires latérales ou médianes.

Ainsi, les résultats suggèrent généralement une activation bilatérale chez tous les participants. Bien qu'un tel patron d'activation était souhaitable pour les participants âgés puisqu'il aurait appuyé, du moins partiellement, notre hypothèse de départ stipulant que les personnes âgées efficaces à la tâche présenteraient des activations bilatérales, les jeunes participants n'ont pas présenté un profil d'activation unilatérale tel qu'attendu selon cette même hypothèse. Conséquemment, ces résultats ne soutiennent pas l'hypothèse centrale du présent projet de recherche qui suggère une

réorganisation fonctionnelle du cerveau par le phénomène *HAROLD* pour l'empathie cognitive. Bien que les activations paraissent bilatérales pour tous les participants, l'indice de latéralité calculé suggère une dominance hémisphérique droite lors de l'identification des émotions positives et ce, pour tous les participants, alors qu'une différence est notée entre les groupes lors de l'identification des émotions négatives. En effet, l'indice de latéralité calculé lors de la condition négative de la tâche *RME* suggère une dominance hémisphérique droite chez les participants âgés et une dominance hémisphérique gauche chez les jeunes. Or, ces résultats soutiennent en partie l'hypothèse de la dominance hémisphérique droite lors de l'identification des expressions faciales d'émotions (Borod, Obler, Erhan, Grunwald, Cicero, Welkowitz, et. al., 1998), peu importe la valence de celles-ci, quoique curieusement, une différence d'âge soit apparente lors de l'identification des émotions négatives. La différence d'âge perçue pour l'identification des émotions négatives ne corrobore pas l'hypothèse d'une dominance hémisphérique droite puisque chez les jeunes participants, l'hémisphère gauche serait préférentiellement activé lors de l'identification des émotions négatives. De plus, ces résultats n'appuient pas l'hypothèse de la latéralisation selon la valence des émotions puisque, selon cette hypothèse, l'hémisphère gauche serait préférentiellement activé lors du traitement des émotions positives et l'hémisphère droit répondrait de manière préférentielle aux stimuli à valence négative (Canli, Desmond, Zhao, Glover & Gabrieli, 1998). Néanmoins, les résultats d'une étude réalisée par Fusar-Poli et collègues (2009) suggèrent la présence d'activations latéralisées au niveau de l'amygdale gauche lors du traitement des émotions négatives. Par ailleurs, les résultats de certaines études suggèrent plutôt la contribution des deux hémisphères lors du traitement des expressions faciales d'émotions (Fusar-Poli, Placentino, Carletti, Allen, Landi, Abbamonte, et. al., 2009; Killgore & Yurgelun-Todd, 2007).

Lorsqu'il s'agit d'identifier l'émotion présente dans le regard (*RME*), on constate une activation significativement plus lente de HbO_2 pour les participants âgés. En effet, le temps de latence avant qu'une amplitude d'activation maximale soit atteinte est significativement supérieure chez les participants âgés que chez les jeunes, ce qui pourrait être assimilable à la vitesse de traitement de l'information réduite rapportée dans la littérature chez les participants âgés en comparaison aux jeunes (Salthouse, 2000; Salthouse, 2004). De plus, la décomposition de l'interaction Condition x Groupe nous informe que le temps de latence est significativement supérieur chez les participants âgés que chez les jeunes à la condition négative de la tâche *RME* et, en plus, que le temps de latence est supérieur à la condition négative qu'à la condition positive chez les participants âgés. Or, ce résultat démontre un temps de latence significativement supérieur chez les participants âgés pour les émotions négatives, ce qui pourrait suggérer un délai dans le traitement de l'information négative de la part des personnes âgées ou encore une difficulté plus marquée chez ces participants à traiter l'information négative. Rappelons d'ailleurs que, bien que le traitement émotionnel semble demeurer relativement intact lors du vieillissement (Hedden & Gabrieli, 2004) et qu'il ne semble pas y avoir une différence significative dans l'identification des expressions faciales d'émotion chez les aînés (Phillips, MacLean & Allen, 2002), les personnes âgées présentent tout de même une difficulté relative lorsqu'il s'agit d'identifier les expressions faciales négatives telles la tristesse et la colère (Phillips, MacLean & Allen, 2002). Par ailleurs, des chercheurs ont également documenté un biais positif en ce qui concerne le traitement des émotions chez les personnes âgées, de sorte qu'un traitement préférentiel de l'information jugée positive est apparent (Charles, Mather & Carstensen, 2003; Lockenhoff & Carstensen, 2004; Phillips, MacLean & Allen, 2002; Mather & Carstensen, 2005; Spaniol, Voss & Grady, 2008). Un traitement préférentiel de l'information émotionnelle à valence positive pourrait donc impliquer un traitement plus lent de l'information à valence négative. On pourrait également supposer que les personnes âgées se servent davantage de leurs connaissances sémantiques et de leurs expériences passées pour

identifier l'émotion perçue (top-down), ce qui est naturellement plus long que la recherche de réponses et de solutions centrée sur le processus d'accès rapide à l'information (bottom-up), par exemple l'appariement affectif, qui pourrait être à l'œuvre chez les jeunes participants. De plus, selon Ochsner et collègues (2009), les émotions sollicitées par les processus top-down et bottom-up reposent sur des circuits corticaux différents. Par exemple, alors que l'amygdale semble impliquée dans les deux circuits, on note en plus l'implication du cortex préfrontal droit, du cortex occipito-temporal et de certaines régions pariétales droites lors du processus bottom-up, alors que le cortex préfrontal gauche et certaines régions temporales paraissent davantage impliqués dans le processus top-down (Ochsner, Ray, Huhges, McRae, Cooper, Weber, Gabrieli & Gross, 2009). Une telle hypothèse pourrait suggérer que les deux groupes utilisent différentes stratégies, lesquelles reposent sur des circuits neuronaux différents, permettant un maintien des performances chez les participants âgés lors de l'identification d'émotions. Or, une telle hypothèse donnerait appui à l'hypothèse suggérée par Aine et collègues (2006) selon laquelle la maturation anatomique et fonctionnelle lors du vieillissement permettrait tout simplement l'utilisation de stratégies différentes pour résoudre une tâche quelconque et expliquerait le maintien des habiletés cognitives chez certaines personnes âgées. D'ailleurs, il n'y avait aucune différence significative entre les deux groupes dans le nombre de bonnes réponses obtenues lors de l'identification de l'émotion négative perçue dans le regard des photographies présentées (*RME*). Ainsi, les personnes âgées utilisent possiblement une stratégie différente de celle utilisée par les jeunes. Bien qu'elles nécessitent plus de temps pour arriver à une même activation, elles conservent tout de même un degré d'efficacité et de performance comparable (Aine et al., 2006). Bien que cette hypothèse soit discutée en lien avec les résultats obtenus à la tâche *RME*, celle-ci pourrait aussi être applicable aux résultats obtenus à la tâche *KDEF* qui ont été discutés préalablement.

En ce qui concerne les corrélations documentées pour les activations IO en réponse à la tâche *RME*, on constate chez les jeunes participants la présence d'une corrélation positive entre le nombre de bonnes réponses obtenues à la tâche *RME* et l'activation HbO^2 à cette même tâche. De même, chez les jeunes participants, on note une corrélation positive entre le niveau d'émotion ressenti en réponse à la tâche *KDEF* et l'activation HbO^2 à la tâche *RME*. Une corrélation négative quasi-significative ($p = 0.051$) est apparente entre le niveau d'émotion ressenti en réponse à la tâche *KDEF* et l'activation HbR à la tâche *RME*. Pris ensemble, ces résultats suggèrent donc un lien entre les performances aux épreuves empathiques qui reposent sur les différentes composantes nécessaires au comportement empathique, notamment la composante cognitive (compréhension des émotions – *RME*) et la composante émotionnelle (*KDEF*), et l'activation cérébrale en région préfrontale. On note cependant une corrélation négative chez les participants âgés entre le nombre de bonnes réponses à la tâche *RME* et l'activation HbO^2 . Un tel résultat pourrait suggérer l'utilisation de mécanismes différents pour l'identification des émotions ou encore l'utilisation de structures neuronales différentes, de sorte que l'apport accru en oxygène est dirigé vers d'autres régions cérébrales, tel que discuté précédemment. Par ailleurs, les performances à l'échelle *PT* de l'IRI corrélaient positivement avec la concentration HbO^2 obtenue en réponse à la tâche *RME* chez les participants âgés, alors que l'on observe chez les jeunes une corrélation négative près du seuil significatif entre les performances obtenues à ce même questionnaire et la concentration HbR enregistrée lors de la tâche *RME*. Ces résultats suggèrent donc un lien entre les attributs personnels des participants relativement au niveau d'empathie cognitive de chacun (c'est-à-dire leur capacité à adopter la perspective d'autrui) et l'activation IO en région préfrontale lors d'une épreuve d'empathie cognitive. Enfin, une corrélation négative est apparente chez les jeunes participants entre le *QI* de même que le *QIP* et l'activation HbR en réponse à la tâche *RME*. De plus, le test des différences indique que la différence entre les groupes est significative. Ainsi, ces corrélations pourraient suggérer que, chez les jeunes participants, le potentiel intellectuel influence

l'activation HbR en réponse à la tâche *KDEF*, similairement à l'effet de la scolarité chez ce même groupe de participants et l'activation HbO² en réponse à la tâche *KDEF*. Mis ensemble, ces résultats suggèrent un effet de la scolarité et du potentiel intellectuel sur les activations préfrontales, ou plus spécifiquement sur les variations du taux d'oxygène présent dans le sang, lors de tâches faisant appel à l'empathie.

Globalement, les résultats suggèrent la présence d'activations bilatérales au niveau du cortex préfrontal lors d'une tâche faisant appel à l'empathie émotionnelle (*KDEF*) ou cognitive (*RME*). Bien que les activations bilatérales soient apparentes pour HbO² chez tous les participants, jeunes comme âgés, on note la présence d'activations plus détaillées et donc possiblement un traitement plus approfondi pour les jeunes participants lors de la tâche *KDEF* puisque les activations pour ces participants concernent aussi HbR. Or, bien que ces résultats ne soutiennent pas notre hypothèse de départ selon laquelle une réorganisation cérébrale par le phénomène *HAROLD* survient lors du vieillissement, l'activation significativement supérieure de HbR notée chez les participants âgés en comparaison aux jeunes pourrait suggérer un engagement moins prononcé des structures préfrontales chez les aînés. Ainsi, il est tout à fait plausible qu'une organisation distincte, autre que le phénomène *HAROLD*, soit plutôt apparente chez les personnes âgées lors de cette tâche. Par exemple, il est possible que chez les participants âgés, des structures plus postérieures aient été préférentiellement engagées par la tâche. Rappelons toutefois que cette hypothèse irait à l'encontre du phénomène *PASA* qui précise plutôt que la réorganisation postérieure-antérieure implique davantage l'engagement des structures frontales chez les aînés, alors que les régions occipito-temporales seraient préférentiellement activées chez les jeunes (Davis, Dennis, Daselaar, Fleck & Cabeza, 2008). Néanmoins, tel que suggéré par Adolphs (2002), le cortex occipito-temporal jouerait aussi un rôle important dans la reconnaissance des émotions, ce qui pourrait donc appuyer l'occurrence d'une réorganisation ou simplement d'une organisation

distincte par l'activation de structures plus postérieures en remplacement des activations traditionnellement antérieures. Afin de vérifier cette hypothèse, une étude ultérieure pourrait être effectuée avec l'utilisation d'optodes positionnées spécifiquement en régions occipito-temporales. Rappelons toutefois que l'imagerie optique permet uniquement l'observation des différences relatives d'activation HbO^2 et HbR au niveau du cortex.

En effet, il est impossible d'identifier l'implication des structures sous-corticales au phénomène étudié par l'utilisation de l'imagerie optique, ce qui limite donc la portée des résultats ainsi obtenus. Par ailleurs, une limitation importante du présent projet de recherche concerne le nombre peu élevé de participants dans chaque groupe, ce qui a occasionné une grande variabilité dans les résultats et particulièrement en ce qui concerne les données IO. Il est d'ailleurs tout à fait plausible que des différences de groupes aient été manquées en raison du faible nombre de participants dans chaque groupe. On pourrait même croire que la présence d'une réorganisation cérébrale par le phénomène *HAROLD* n'a simplement pas été observée en raison de la grande variabilité des données compte tenu du faible nombre de participants dans chaque groupe. L'étude devrait donc nécessairement être reproduite avec plus de sujets et plus d'optodes, ce qui permettrait d'enregistrer les activations à un plus grand nombre de sites et ainsi de vérifier de manière plus approfondie l'hypothèse d'une réorganisation cérébrale. D'ailleurs, le faible nombre de sujets limite aussi l'interprétation des corrélations. En effet, une analyse par régression multiple aurait pu être intéressante puisqu'elle aurait permis de déterminer quelles variables contribuent de façon unique à la variance de la variable dépendante. Cependant, de telles analyses n'ont pas pu être effectuées, puisqu'une condition primordiale à celles-ci n'était pas respectée. En effet, afin d'être en mesure de faire de telles analyses, le nombre de sujets total doit être équivalent à au moins dix sujets par variables, soit plus de 180 sujets pour la présente étude (Field, 2013). Par ailleurs, en dépit du

nombre de comparaisons effectuées, une correction Bonferonni n'a pas été appliquée. En effet, l'utilisation d'une correction de type Bonferonni devient futile considérant le nombre élevé de mesures totales incluses dans la réalisation de ce projet de recherche puisqu'un seuil critique très strict aurait alors dû être utilisé, si stricte même qu'il aurait été impossible d'observer des corrélations significatives. C'est pourquoi les corrélations effectuées ont été identifiées comme purement exploratoires. Enfin, les participants recrutés pour l'étude étaient majoritairement des femmes, ce qui limite aussi la portée des résultats obtenus puisque l'échantillon ainsi constitué est alors peu représentatif de la population. Les femmes rapportent en effet un plus haut niveau d'empathie comparativement aux hommes, quoique l'âge aurait peu d'effet sur les différences d'empathie liées au sexe (O'Brien, Konrath, Gröhn & Hagen, 2014).

Néanmoins, l'ensemble des résultats suggère que les personnes âgées utilisent des stratégies différentes que celles utilisées par les jeunes lors du traitement des émotions, ce qui pourrait reposer sur l'utilisation de structures neuronales différentes, tel que proposé par Aine et collègues (2006). Par exemple, il est possible que les personnes âgées utilisent davantage leurs connaissances sémantiques ou même leurs expériences passées lors de l'identification des émotions, alors que les jeunes se fient davantage aux processus exécutifs qui reposent largement sur l'activation des structures frontales. Or, bien que les participants âgés utilisent des stratégies différentes lors de tâches faisant appel au traitement émotionnel, et bien qu'ils nécessitent significativement plus de temps avant d'atteindre une amplitude maximale d'activation lors de l'identification d'émotions à valence négative, leur performance demeure tout de même similaire à celle des jeunes. Ainsi, les stratégies utilisées permettraient aux personnes âgées de conserver un niveau d'efficacité tout à fait comparable aux jeunes. Ces résultats pourraient donc être assimilables à un mécanisme de compensation neuro-fonctionnelle ou même simplement à une

organisation neuro-fonctionnelle distincte qui implique l'utilisation de stratégies adaptées à l'âge et qui repose probablement sur des structures neuronales différentes.

Enfin, bien que le niveau de scolarité et les performances des participants à l'évaluation du *QI* semblent influencer différemment les activations IO chez les jeunes et les âgés, rappelons que le niveau de scolarité de même que la performance au *QI total* étaient similaires entre les deux groupes. Une différence significative était tout de même notée au *QI verbal*, en raison notamment d'une performance significativement supérieure au sous-test *Information* de la part des participants âgés. Ainsi, il est tout de même peu probable que le niveau de scolarité des participants ou même leur performance à l'évaluation du *QI* aient influencé les différences notées entre les deux groupes au niveau des activations IO.

Pour conclure, bien que les résultats de la présente étude n'aient pas permis d'observer le phénomène *HAROLD* qui expliquerait le maintien relatif des habiletés empathiques avec un avancement en âge, une organisation neuro-fonctionnelle distincte est tout de même suggérée, laquelle reposerait sur l'utilisation de stratégies différentes. Or, peu importe les différents mécanismes permettant cette organisation neuro-fonctionnelle distincte lors du vieillissement (soit par l'utilisation de différentes stratégies ou par l'implication de structures cérébrales distinctes), l'implication de cette évolution en ce qui a trait à la préservation d'habiletés cognitives efficaces devient d'autant plus importante compte tenu du vieillissement de la population. Par ailleurs, puisque des déficits de théorie de l'esprit sont fréquemment associés à la démence, notamment la variante frontale de la démence fronto-temporale (Gregory, Lough, Stone, Erzinclioglu, Martin, Baron-Cohen & Hodges, 2002), l'étude des mécanismes permettant une compensation neuro-fonctionnelle pourrait éventuellement permettre de formuler des interventions ciblant spécifiquement la préservation de ces habiletés, même en présence de démence.

D'ailleurs, l'incidence de la démence augmente de manière vertigineuse (Alzheimer's Association, 2015) et est fréquemment associée à des difficultés interpersonnelles qui peuvent être expliquées en partie par les déficits de théorie de l'esprit.

Il serait d'ailleurs intéressant de poursuivre les pistes de recherche dans le domaine de l'empathie chez les personnes âgées souffrant d'un trouble cognitif léger afin de développer des moyens d'interventions précoces auprès de cette population. Enfin, certaines études suggèrent que les femmes rapportent généralement un plus haut niveau d'empathie (O'Brien, Konrath, Grühn & Hagen, 2014). Compte tenu de la proportion supérieure de femmes ayant participé à l'étude actuelle, il serait intéressant de reproduire l'étude avec un nombre plus équilibré d'hommes et de femmes dans chaque groupe afin de voir si l'on obtient les mêmes résultats, particulièrement en ce qui concerne les activations cérébrales par l'imagerie optique proche infrarouge.

ANNEXES

ANNEXE A

Évaluation de la dominance manuelle de Edinburgh (Oldfield, 1971)

EDINBURGH HANDEDNESS INVENTORY (OLDFIELD, 1971)

N° Participant : _____

	G	D
1. ÉCRIRE	_____	_____
2. DESSINER	_____	_____
3. LANCER UNE BALLE	_____	_____
4. UTILISER LES CISEAUX	_____	_____
5. UTILISER LA BROSSSE À DENTS	_____	_____
6. COUPER AVEC UN COUTEAU (SEUL)	_____	_____
7. TENIR UN BALAI (MAIN D'EN HAUT)	_____	_____
8. FROTTER UNE ALLUMETTE	_____	_____
9. TENIR LA CUEILLÈRE (SOUPE)	_____	_____
10. OUVRIR UN POT DE CONFITURE (LA MAIN QUI TIENS LE COUVERCLE)	_____	_____

Mettre ++ si la main exclusive
Mettre + si la main préférentielle
Mettre + dans chaque colonne si les deux mains sont utilisées indifféremment

$$\frac{\text{TOTAL D} (\quad) - \text{TOTAL G} (\quad)}{\text{TOTAL D} + \text{G} (\quad)} \times 100 = \quad$$

GAUCHER
ABSOLU

AMBIDEXTRE

DROITIER
ABSOLU

ANTECEDENTS FAMILIAUX

Indiquer quels sont les membres de la proche famille qui sont gaucher ou ambidextre :

Père ____ Mère ____ Fratrie No. ____ Total ____

ANNEXE B

Quotient Empathique ou Empathy Quotient (Baron-Cohen & Wheelwright, 2004)

The Cambridge Behaviour Scale

(Baron-Cohen & Wheelwright, 2004)

Adaptation française

Veuillez compléter ces informations et ensuite lire les instructions ci-dessous.

**TOUTES LES INFORMATIONS RESTERONT STRICTEMENT
CONFIDENTIELLES.**

Identifiant : Sexe :
Date de naissance : Date de passation :

Comment remplir cette échelle :

Voici une liste de situation. Veuillez lire chacune d'elles très attentivement et précisez en entourant la réponse dans quelle mesure vous êtes d'accord ou pas. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, ni de question piège.

**POUR QUE CETTE ECHELLE SOIT VALIDE, VOUS DEVEZ REPONDRE À
CHAQUE QUESTION.**

Exemples :

- E1. Je serais très contrarié(e) si je ne pouvais pas écouter de musique tous les jours. tout à fait d'accord plutôt d'accord plutôt pas d'accord pas du tout d'accord
- E2. Je préfère téléphoner à mes amis plutôt que leur écrire. tout à fait d'accord plutôt d'accord plutôt pas d'accord pas du tout d'accord
- E3. Je n'ai pas réellement envie de voyager à travers le monde. tout à fait d'accord plutôt d'accord plutôt pas d'accord pas du tout d'accord
- E4. Je préfère lire que danser. tout à fait d'accord plutôt d'accord plutôt pas d'accord pas du tout d'accord

- | | | | | |
|--|----------------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 1. Je peux facilement dire quand quelqu'un veut entamer une conversation. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 2. Je préfère les animaux aux êtres humains. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 3. J'essaie d'être à la mode. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 4. Je trouve difficile d'expliquer aux autres des choses que j'ai comprises facilement et que eux n'ont pas comprises du premier coup. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 5. Je rêve la plupart des nuits. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 6. J'aime prendre soin des autres. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 7. J'essaie de résoudre mes problèmes moi-même plutôt que d'en discuter avec d'autres. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 8. Je trouve difficile de savoir ce qu'il faut faire dans les relations sociales. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 9. C'est le matin que je suis le(la) plus efficace. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 10. On me dit souvent que je vais trop loin quand j'expose mon point de vue dans une discussion. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 11. Cela ne m'ennuie pas trop d'être en retard à un rendez-vous fixé à un ami. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 12. Les relations sociales sont si difficiles que j'essaie de ne pas m'en soucier. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 13. Je ne ferais jamais rien d'illégal même si ce n'est pas très grave. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |

- | | | | | |
|---|----------------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 14. J'ai souvent du mal à juger si quelque chose est grossier ou familier. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 15. Dans une conversation, j'ai tendance à me centrer sur mes propres pensées plutôt que sur celles de mon interlocuteur. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 16. Je préfère les farces aux jeux de mots. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 17. Je vis au jour le jour. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 18. Quand j'étais enfant, j'aimais couper des vers de terre pour voir ce qui se passe. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 19. Je détecte rapidement si quelqu'un dit une chose qui en signifie une autre. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 20. J'ai de solides convictions sur la moralité. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 21. Je ne comprends pas comment des choses vexent tant certaines personnes. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 22. Il est pour moi facile de me mettre à la place de quelqu'un d'autre. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 23. Je pense que les bonnes manières sont la meilleure chose que des parents peuvent apprendre à leurs enfants. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 24. J'aime agir sur un coup de tête. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 25. Je prédis assez bien le ressenti des autres. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |

- | | | | | |
|---|----------------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 26. Dans un groupe, je repère facilement quand quelqu'un se sent gêné ou mal à l'aise. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| • 27. Si j'offense quelqu'un en parlant, j'estime que c'est son problème et pas le mien. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 28. Si quelqu'un me demandait mon avis sur sa coupe de cheveux, je répondrais honnêtement même si elle ne me plaît pas. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 29. Je ne comprends pas toujours pourquoi une personne peut être offensée par une remarque. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 30. On me dit souvent que je suis imprévisible. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 31. En groupe, j'aime être le centre d'intérêt. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 32. Voir quelqu'un pleurer ne me touche pas vraiment. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 33. J'adore parler politique. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 34. Je ne mâche pas mes mots, ce qui est souvent pris pour de la grossièreté même si ce n'est pas mon intention. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 35. En général, je comprends facilement les situations sociales. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 36. On me dit généralement que je comprends bien les sentiments et les pensées des autres. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 37. Quand je discute avec quelqu'un, j'essaie de parler de ses expériences plutôt que des miennes. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 38. Ça me bouleverse de voir un animal souffrant. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |

- | | | | | |
|---|----------------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 39. Je suis capable de prendre des décisions sans être influencé(e) par les sentiments des autres. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 40. Je ne peux pas me détendre sans avoir fait tout ce que j'avais planifié pour la journée. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 41. Je remarque facilement si quelqu'un est intéressé ou ennuyé par ce que je dis. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 42. Lorsque je regarde le journal télévisé, je suis triste de voir des personnes qui souffrent. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 43. Mes amis me parlent généralement de leurs problèmes car ils disent que je suis très compréhensif(ve). | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 44. Je peux sentir quand je dérange les autres, même s'ils ne me le disent pas. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 45. Je commence souvent de nouveaux passe-temps qui m'ennuient vite et je passe à autre chose. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 46. Des fois, on me dit que j'exagère quand je charrie les gens. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 47. Je serais bien trop anxieux(se) de monter sur un manège de montagnes russes. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 48. On me dit souvent que je suis insensible même si je ne vois pas toujours pourquoi. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 49. Si je vois qu'il y a un nouveau venu dans un groupe de personnes, je crois que c'est à elles d'essayer de l'intégrer. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |
| 50. D'habitude, je ne m'implique pas émotionnellement lorsque je regarde un film. | tout à fait d'accord | plutôt d'accord | plutôt pas d'accord | pas du tout d'accord |

- | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| 51. J'aime être très organisé(e) dans ma vie de tous les jours, et je fais souvent des listes de ce que j'ai à faire. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |
| 52. Je peux me mettre à l'écoute du ressenti des autres rapidement et intuitivement. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |
| 53. Je n'aime pas prendre de risques. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |
| 54. Je peux facilement comprendre ce que quelqu'un veut dire. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |
| 55. Je peux deviner si quelqu'un masque ses émotions. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |
| 56. Je pèse toujours le pour et le contre avant de prendre une décision. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |
| 57. Je n'essaie pas de déchiffrer de façon consciente les règles en jeu dans les situations sociales. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |
| 58. Je suis bon(ne) pour prédire ce que quelqu'un va faire. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |
| 59. J'ai tendance à m'impliquer émotionnellement dans les problèmes de mes amis. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |
| 60. Habituellement, je comprends le point de vue des autres même si je ne le partage pas. | tout à fait
d'accord | plutôt
d'accord | plutôt pas
d'accord | pas du tout
d'accord |

ANNEXE C

Indice de Réactivité Interpersonnelle (Davis, 1980)

INDEX DE REACTIVITÉ INTERPERSONNELLE (IRI)

Les énoncés suivants concernent vos pensées et sentiments dans différentes situations. Pour chaque affirmation, indiquez jusqu'à quel point l'énoncé vous décrit bien en choisissant la lettre appropriée sur l'échelle au haut de la page: A, B, C, D ou E. Inscrivez la lettre correspondante sur la feuille réponse à côté du numéro de l'affirmation.

LISEZ SOIGNEUSEMENT CHAQUE AFFIRMATION AVANT DE RÉPONDRE.

Répondez le plus honnêtement possible!

ÉCHELLE DE RÉPONSE:

A	B	C	D	E
NE ME DÉCRIT PAS BIEN		...		ME DÉCRIT TRÈS BIEN

- (1) Je me fais souvent du souci pour des gens moins chanceux que moi.
- (2) Je trouve parfois difficile de voir les choses du point de vue des autres personnes.
- (3) Parfois, je ne me sens pas vraiment désolé pour les gens qui ont des ennuis.
- (4) J'essaie de considérer le point de vue de chacun lors d'un désaccord, avant de prendre position.
- (5) Lorsque je vois qu'on profite de quelqu'un, j'ai un sentiment protecteur envers lui.

- (6) Parfois, j'essaie de mieux comprendre mes amis en m'imaginant les choses selon leur perspective.
- (7) Habituellement, le malheur des autres ne me dérange pas beaucoup.
- (8) Si je suis convaincu que j'ai raison, je ne perds pas beaucoup de temps à écouter les arguments des autres.
- (9) Quand je vois quelqu'un être traité injustement, je ne ressens parfois pas beaucoup de pitié pour lui.
- (10) Souvent, les choses dont je suis témoin me touchent.
- (11) Je crois qu'il y a toujours « deux côtés à une médaille » et j'essaie de considérer ces deux côtés.
- (12) Je me décrirais comme une personne au « cœur tendre ».
- (13) Quand je suis contrarié par quelqu'un, j'essaie habituellement de me mettre à sa place pendant un moment.
- (14) Avant de critiquer quelqu'un, j'essaie de m'imaginer comment je me sentirais si j'étais à sa place.

Code du sujet:

Feuille réponse

Sexe:

Âge:

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

(10)

(11)

(12)

(13)

(14)

!!! Merci !!!

ANNEXE D

Test d'Interprétation du Regard-RME (Baron-Cohen et. al., 2001)

TEST D'INTERPRÉTATION DU REGARD

Pour chaque paire d'yeux, choisissez et encerclez le mot qui correspond le mieux à ce que la personne illustrée pense ou ressent. Il se peut que vous croyiez que plus d'un mot soit applicable, mais n'en choisissez qu'un seul, celui que vous considérez comme étant le plus approprié. Avant de faire votre choix, assurez-vous d'avoir bien lu chaque mot proposé. Vous devez essayer de faire la tâche le plus rapidement possible.

JALOUX

PANIQUÉ



ANNEXE E

Karolinska Directed Emotional Faces-KDEF (Calvo & Lundqvist, 2008)



Joie



Neutre



Tristesse

ANNEXE F

Formulaire de Consentement

RNQ

COMITÉ MIXTE D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

Titre du projet :	Évolution des bases neurobiologiques de l'empathie cognitive dans le vieillissement: Apport de l'imagerie optique
Chercheurs responsables :	Peter Scherzer, Ph.D., Université du Québec À Montréal (UQÀM) Yves Joanette, Ph.D., Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal (CRIUGM)
Co-chercheur :	Valérie Lecluse, candidate au Ph.D. en neuropsychologie (CRIUGM).

Préambule

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche en neuroimagerie. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable du projet ou aux autres membres du personnel affecté au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Nature et objectifs du projet de recherche

Ce projet de recherche se déroulera à l'Unité de Neuroimagerie Fonctionnelle (UNF) de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal.

Ce projet porte sur la réorganisation cérébrale lors du vieillissement et sur l'implication du vieillissement pour une composante importante à l'interaction sociale : l'empathie cognitive, soit la capacité à comprendre les états d'âme, les pensées et les intentions d'autrui.

Pour ce projet de recherche, nous comptons recruter 45 sujets âgés entre 20 et 35 ans et entre 60 et 75 ans, répartis en trois groupes de 15 personnes.

Qu'est-ce que l'imagerie optique infrarouge?

L'imagerie optique infrarouge est une technique qui donne des images du fonctionnement du cerveau. Cette technique fait appel à la propagation de la lumière à travers les tissus humains. Par exemple, lorsque l'on illumine la main avec une lampe de poche, une partie de la lumière passe à travers la main.

C'est le principe de base utilisé en imagerie optique : des lasers sont utilisés afin de générer de la lumière infrarouge. Cette lumière est ensuite dirigée vers les tissus en utilisant des fibres optiques. La lumière se propage dans le cerveau et est en partie absorbée par le sang. Ainsi, en mesurant l'intensité de lumière absorbée, la quantité de sang présent lors d'une tâche peut être mesurée. L'énergie dégagée par la lumière infrarouge est très faible.

L'appareil permet de voir les zones du cerveau qui deviennent actives lorsqu'on demande à une personne d'effectuer une tâche précise. Cette tâche peut être motrice, par exemple, lorsque l'on demande à la personne de bouger un doigt ou bien elle peut être cognitive, par exemple lorsque l'on demande à la personne d'effectuer un calcul mental, lire un mot ou encore regarder des photographies. Lorsqu'on demande à une personne d'effectuer une tâche, il y a augmentation de l'arrivée de sang dans la partie du cerveau qui contrôle cette activité. L'arrivée du sang provoque un changement dans le signal émis par le cerveau et cette modification de signal peut être détectée par l'appareil d'imagerie optique.

Déroulement du projet de recherche

Lors de votre arrivée à l'Unité de Neuroimagerie Fonctionnelle, vous serez soumis à une série de tests neuropsychologiques consistant à évaluer vos différentes fonctions cognitives telles que l'attention, la concentration, la vitesse de traitement, l'organisation perceptive, la tolérance à la distraction, la capacité de bloquer une réponse automatique et la flexibilité mentale. Cette évaluation neuropsychologique

sera d'une durée d'environ 60 à 90 minutes. Vous devrez ensuite remplir 2 questionnaires portant sur l'empathie afin de déterminer votre niveau d'empathie. Finalement, avant de commencer l'expérience, on placera des fibres optiques sur votre tête qui vont permettre à la lumière infrarouge de se propager à travers votre cerveau. Les fibres optiques seront attachées à un casque fixé à la tête, chacune des fibres sera positionnée individuellement afin d'avoir un contact avec le cuir chevelu. Le temps de préparation à la séance d'imagerie optique est estimé à environ 10 minutes.

Pendant la séance d'acquisition, vous serez confortablement installé dans un fauteuil devant un écran d'ordinateur. Vous aurez à réaliser deux tâches, soit « l'interprétation du regard » où vous devrez inférer (déduire) l'émotion/l'état d'âme véhiculée par une photographie des yeux d'une personne. Deux choix vous seront présentés et vous aurez à choisir la meilleure réponse. La seconde tâche consiste à simplement regarder des visages exprimant une émotion particulière tout en essayant de ressentir la même émotion. Le temps de l'expérimentation est estimé à environ 30 minutes, incluant des pauses.

La durée totale de votre participation à ce projet de recherche sera d'environ 2 heures.

Avantages associés au projet de recherche

Vous ne retirerez aucun bénéfice personnel de votre participation à ce projet de recherche. Toutefois, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances ainsi qu'à une meilleure compréhension du fonctionnement du cerveau lors du vieillissement.

Inconvénients associés au projet de recherche

Les conditions imposées par l'utilisation de l'imagerie optique peuvent aussi entraîner un certain inconfort du fait de devoir rester immobile pendant l'examen et un inconfort pourrait également être associé au positionnement des fibres sur la tête. Vous pourriez aussi ressentir un certain état de stress, de fatigue ou d'ennui.

Risques associés au projet de recherche

Selon les connaissances actuelles, votre participation à un examen en imagerie optique ne vous fera courir, sur le plan médical, aucun risque que ce soit.

Participation volontaire et possibilité de retrait

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe

quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet ou à l'un des membres du personnel affecté au projet. Le chercheur responsable du projet de recherche ou le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Si vous vous retirez ou êtes retiré du projet, l'information déjà obtenue dans le cadre de ce projet sera conservée aussi longtemps que nécessaire pour rencontrer les exigences réglementaires.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait affecter votre décision de continuer d'y participer vous sera communiquée sans délai verbalement et par écrit.

Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, le chercheur responsable ainsi que son personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis.

Ces renseignements peuvent comprendre les informations concernant votre état de santé passé et présent, vos habitudes de vie ainsi que les résultats de tous les tests, examens et procédures que vous aurez à faire durant ce projet. Votre dossier peut aussi comprendre d'autres renseignements tels que votre nom, votre sexe et votre année de naissance.

Tous les renseignements recueillis demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des renseignements, vous ne serez identifié que par un numéro de code. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable.

Le chercheur responsable du projet utilisera les données à des fins de recherche dans le but de répondre aux objectifs scientifiques du projet décrits dans le formulaire d'information et de consentement.

Les données pourront être publiées dans des revues scientifiques ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier. Également, les données du projet pourraient servir pour d'autres analyses de données reliées au projet ou pour l'élaboration de projets de recherches futurs. Par ailleurs, vos

renseignements personnels, tels que votre nom et vos coordonnées seront détruits 5 ans après la fin du projet de recherche.

À des fins de surveillance et de contrôle, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ ou par l'établissement ou par une personne mandatée par des organismes publics autorisés. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées et la date de début et de fin de votre participation au projet seront conservés pendant un an après la fin du projet dans un répertoire à part maintenu par le chercheur responsable.

Vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable du projet détient ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité scientifique du projet, vous pourriez n'avoir accès à certaines de ces informations qu'une fois votre participation terminée.

Études ultérieures

Acceptez-vous qu'un membre de l'équipe de recherche reprenne contact avec vous pour vous proposer de participer à d'autres projets de recherche? ☐ Oui ☐ Non

Il s'agirait alors de projets similaires à celui-ci. Seul le chercheur responsable du projet aura accès à ces informations. Vos coordonnées ne seront pas gardées plus de cinq ans et le délai de rappel ne dépasserait donc pas cette période. Bien sûr, lors de cet appel, vous serez libre d'accepter ou de refuser de participer aux projets de recherche proposés.

Compensation

Vous recevrez un montant de 25 dollars en guise de compensation pour votre déplacement et votre participation au projet de recherche. Par ailleurs, si vous vous retirez ou si vous êtes retiré du projet avant qu'il ne soit complété, vous recevrez un montant proportionnel à votre participation.

Indemnisation en cas de préjudice et droits du sujet de recherche

Si vous deviez subir quelque préjudice que ce soit dû à votre participation au projet de recherche, vous recevrez tous les soins et services requis par votre état de santé, sans frais de votre part.

En acceptant de participer à ce projet, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs et l'établissement de leur responsabilité civile et professionnelle.

Procédures en cas d'urgence médicale

Veuillez noter que l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal n'est pas un centre hospitalier de soins de courte durée qui offre des services d'urgence et qui compte sur la présence sur place d'un médecin 24 heures sur 24. Par conséquent, advenant une condition médicale qui nécessiterait des soins immédiats, les premiers soins vous seraient dispensés par le personnel en place et des dispositions seraient prises afin de vous transférer, si nécessaire, aux urgences d'un hôpital avoisinant.

Identification des personnes-ressources

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec les chercheurs responsables du projet de recherche :

- Monsieur Peter Scherzer Ph.D., (514) 987-3000, poste 4843
- Monsieur Yves Joanette Ph.D., (514) 340-3540, poste 4767
- Madame Valérie Lecluse, M.Ps. candidate au Ph.D. en neuropsychologie, (514) 594-8799

Pour toute question concernant vos droits en tant que sujet participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec le commissaire local aux plaintes et à la qualité des services de l'IUGM au (514) 340-3517.

Surveillance des aspects éthiques du projet de recherche

Le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi. De plus, il approuvera au préalable toute révision et toute modification apportée au formulaire d'information et de consentement et au protocole de recherche. Pour toute information, vous pouvez rejoindre le secrétariat du Comité au (514) 340-2800, poste 3250.

Consentement

Titre du projet : Évolution avec l'âge des bases neurobiologiques de l'empathie cognitive

I. Consentement du sujet

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement m'a été remise.

Nom et signature du sujet de recherche

Date

II. Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué au sujet de recherche les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

III. Signature et engagement du chercheur responsable du projet

Je certifie qu'on a expliqué au sujet de recherche les termes du présent formulaire d'information et de consentement, que l'on a répondu aux questions que le sujet de recherche avait à cet égard et qu'on lui a clairement indiqué qu'il demeure libre de mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice.

Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée au sujet de recherche.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

ANNEXE G

Sommaire des analyses corrélationnelles réalisées

Tableau 7.1 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les résultats obtenus aux questionnaires d'empathie et aux épreuves neuropsychologiques, et expérimentales

Questionnaire	Corrélation	QIV	QIP	QI	D2 GZ-F	Similitudes	Histoires en Images	Trail B (sec.)	Ratio B-A
<i>Jeunes (n=18)</i>									
QE	Pearson <i>p</i>	-0.231 0.356	-0.189 0.453	-0.236 0.346	0.264 0.290	-0.220 0.380	0.013 0.960	-0.320 0.195	-0.376 0.124
EC	Pearson <i>p</i>	-0.311 0.210	-0.187 0.457	-0.279 0.263	0.242 0.333	-0.295 0.234	-0.495* 0.037	-0.018 0.943	-0.039 0.877
PT	Pearson <i>p</i>	-0.119 0.639	-0.088 0.729	-0.121 0.633	0.054 0.833	-0.120 0.634	-0.199 0.430	-0.106 0.674	-0.172 0.494
<i>Âgés (n=17)</i>									
QE	Pearson <i>p</i>	0.104 0.692	0.225 0.384	0.178 0.494	-0.023 0.931	-0.064 0.808	-0.069 0.792	0.382 0.130	0.424 0.090
EC	Pearson <i>p</i>	0.326 0.202	0.295 0.250	0.347 0.172	0.619** 0.008	0.578* 0.015	0.434 0.082	-0.447 0.072	-0.438 0.079
PT	Pearson <i>p</i>	0.259 0.315	0.103 0.694	0.205 0.431	0.592* 0.012	0.653** 0.005	0.292 0.256	-0.394 0.117	-0.425 0.089

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Questionnaire	Corrélation	STROOP Interférence	Ratio Inter.-Couleur	STROOP Flexibilité	Ratio Flex.-Couleur	Usage Alternatif d'Objets
<i>Jeunes (n=18)</i>						
QE	Pearson <i>p</i>	-0.112	0.015	-0.541*	-0.449	-0.088
EC	Pearson <i>p</i>	0.657	0.953	0.020	0.061	0.729
		-0.358	-0.281	-0.491*	-0.421	-0.403
		0.144	0.258	0.038	0.082	0.097
PT	Pearson <i>p</i>	-0.141	-0.111	-0.389	-0.377	-0.122
		0.578	0.661	0.111	0.123	0.629
<i>Âgés (n=17)</i>						
QE	Pearson <i>p</i>	0.385	0.340	0.089	0.019	0.131
		0.127	0.181	0.734	0.042	0.617
EC	Pearson <i>p</i>	-0.406	-0.281	-0.511*	-0.475	-0.092
		0.106	0.275	0.036	0.054	0.726
PT	Pearson <i>p</i>	-0.524*	-0.368	-0.490*	-0.410	-0.366
		0.031	0.146	0.046	0.102	0.149

**p* < 0.05

Questionnaire	Corrélation	KDEF tristesse	KDEF joie	KDEF neutre	RME +	RME -
<i>Jeunes (n=18)</i>						
QE	Pearson <i>p</i>	0.750**	0.357	-0.362	0.225	0.049
EC	Pearson <i>p</i>	0.000	0.145	0.140	0.369	0.846
	Pearson <i>p</i>	0.412	0.143	-0.390	0.091	-0.302
	Pearson <i>p</i>	0.089	0.571	0.110	0.720	0.223
PT	Pearson <i>p</i>	0.478*	0.268	-0.512*	0.120	0.049
		0.045	0.281	0.030	0.636	0.848
<i>Âgés (n=17)</i>						
QE	Pearson <i>p</i>	0.124	-0.478	-0.037	-0.222	-0.037
	Pearson <i>p</i>	0.637	0.053	0.887	0.392	0.888
EC	Pearson <i>p</i>	0.031	-0.324	-0.369	-0.331	-0.142
	Pearson <i>p</i>	0.907	0.205	0.145	0.195	0.586
PT	Pearson <i>p</i>	-0.159	-0.155	-0.371	-0.270	0.015
		0.541	0.553	0.143	0.294	0.953

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Tableau 7.2 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les résultats obtenus aux épreuves neuropsychologiques et à la tâche expérimentale *RME*

Épreuve	Corrélation	RME +	RME -	RME +	RME -
		<i>Jeunes (n=18)</i>		<i>Âgés (n=17)</i>	
QIV	Pearson	0.210	0.502*	-0.289	0.218
	<i>p</i>	0.404	0.034	0.260	0.401
QIP	Pearson	-0.033	0.361	-0.415	-0.203
	<i>p</i>	0.896	0.141	0.098	0.435
QI	Pearson	0.097	0.502*	-0.417	-0.012
	<i>p</i>	0.702	0.034	0.096	0.965
Copie Symboles	Pearson	0.143	-0.106	-0.247	0.147
	<i>p</i>	0.571	0.675	0.340	0.573
Substitutions	Pearson	0.279	0.224	-0.310	-0.057
	<i>p</i>	0.263	0.372	0.226	0.829
D2 GZ-F	Pearson	0.523*	-0.093	-0.122	0.212
	<i>p</i>	0.026	0.713	0.642	0.413
Similitudes	Pearson	0.272	0.530*	-0.351	0.363
	<i>p</i>	0.275	0.024	0.167	0.152
Histoires en Images	Pearson	0.317	0.288	-0.065	0.270
	<i>p</i>	0.200	0.247	0.805	0.295
Trail B sec.	Pearson	-0.066	-0.644**	0.190	-0.016
	<i>p</i>	0.794	0.004	0.465	0.953
Indice B-A	Pearson	-0.031	-0.648**	0.087	-0.048
	<i>p</i>	0.904	0.004	0.739	0.856
STROOP Interférence	Pearson	-0.172	0.176	0.385	-0.252
	<i>p</i>	0.494	0.486	0.126	0.330
Ratio Inter.-Couleur	Pearson	-0.093	0.128	0.299	-0.357
	<i>p</i>	0.714	0.613	0.243	0.160
STROOP Flexibilité	Pearson	-0.324	-0.216	0.372	0.192
	<i>p</i>	0.189	0.389	0.141	0.461
Ratio Flex.-couleur	Pearson	-0.256	0.297	0.337	0.198
	<i>p</i>	0.305	0.231	0.186	0.446
Usage Alternatif d'Objets	Pearson	-0.289	0.386	0.160	0.135
	<i>p</i>	0.245	0.113	0.539	0.605

Épreuve	Corrélation	RME +	RME -	RME +	RME -
KDEF-tristesse	Pearson	0.383	0.290	0.015	-0.207
	<i>p</i>	0.117	0.243	0.955	0.426
KDEF-neutre	Pearson	0.194	-0.099	-0.381	0.013
	<i>p</i>	0.441	0.696	0.131	0.96
KDEF-joie	Pearson	0.395	-0.348	-0.114	-0.263
	<i>p</i>	0.105	0.157	0.664	0.307
* <i>p</i> < 0.05, ** <i>p</i> < 0.01					

Tableau 7.3 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les données comportementales (questionnaires et tâches expérimentales) et les activations HbO^2 pour chacune des conditions (b1=négative ; b3=positive) de la tâche *KDEF* et les conditions (b1=positive ; b2=négative) de la tâche *RME* pour les jeunes et les âgés

Épreuve	Corrélation	HbO^2									
		Jeunes					Âgés				
		KDEF b1	KDEF b3	RME b1	RME b2	KDEF b1	KDEF b3	RME b1	RME b2	KDEF b1	RME b2
scolarité	Pearson	0.517*	0.418	0.288	0.008	0.106	0.101	-0.080	-0.032		
	<i>p</i>	0.028	0.084	0.246	0.976	0.684	0.700	0.760	0.902		
QE brut	Pearson	0.173	0.197	-0.105	0.442	-0.231	-0.027	0.117	-0.107		
	<i>p</i>	0.492	0.434	0.678	0.066	0.373	0.919	0.654	0.684		
EC brut	Pearson	0.186	0.502*	0.024	0.328	0.143	0.136	0.459	0.302		
	<i>p</i>	0.460	0.034	0.926	0.184	0.584	0.603	0.064	0.239		
PT brut	Pearson	0.137	0.286	0.099	0.382	0.337	0.257	0.371	0.599*		
	<i>p</i>	0.587	0.250	0.696	0.117	0.185	0.319	0.142	0.011		
QIV	Pearson	0.241	0.223	0.170	-0.200	-0.516*	-0.294	-0.091	0.228		
	<i>p</i>	0.336	0.374	0.499	0.427	0.034	0.252	0.728	0.379		
QIP	Pearson	-0.059	-0.160	0.358	-0.293	-0.290	-0.082	-0.045	0.054		
	<i>p</i>	0.817	0.527	0.145	0.238	0.259	0.754	0.864	0.836		
QI	Pearson	0.088	0.033	0.301	-0.305	-0.499*	-0.243	-0.073	0.146		
	<i>p</i>	0.729	0.897	0.224	0.219	0.041	0.348	0.780	0.576		
KDEF-tristesse	Pearson	0.095	0.016	0.020	0.364	-0.330	-0.077	0.161	-0.080		
	<i>p</i>	0.707	0.951	0.936	0.137	0.196	0.770	0.536	0.760		

HbO ²										
Épreuve	Corrélation	Jeunes				Âgés				
		KDEF b1	KDEF b3	RME b1	RME b2	KDEF b1	KDEF b3	RME b1	RME b2	RME b3
KDEF-neutre	Pearson	0.165	-0.043	0.048	0.026	-0.307	0.323	0.116	0.054	
	<i>p</i>	0.513	0.865	0.849	0.917	0.230	0.206	0.657	0.838	
KDEF-joie	Pearson	0.331	0.093	0.012	0.560*	0.026	0.216	-0.015	0.109	
	<i>p</i>	0.180	0.713	0.961	0.016	0.920	0.405	0.954	0.676	
RME +	Pearson	-0.021	-0.026	-0.112	0.703**	0.057	-0.133	-0.292	0.040	
	<i>p</i>	0.933	0.918	0.659	0.001	0.829	0.612	0.255	0.879	
RME -	Pearson	-0.240	-0.436	-0.198	-0.337	0.069	-0.057	-0.494*	-0.032	
	<i>p</i>	0.337	0.071	0.430	0.171	0.793	0.827	0.044	0.904	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tableau 7.4 Coefficients de corrélation (Pearson) entre les données comportementales (questionnaires et tâches expérimentales) et les activations HbR pour chacune des conditions (b1=négative ; b3=positive) de la tâche *KDEF* et les conditions (b1=positive ; b2=négative) de la tâche *RME* pour les jeunes et les âgés

Épreuve	Corrélation	HbR									
		Jeunes					Âgés				
		KDEF b1	KDEF b3	RME b1	RME b2	KDEF b1	KDEF b3	RME b1	RME b2	KDEF b3	RME b2
scolarité	Pearson	-0.255	-0.152	-0.405	-0.189	0.095	-0.372	0.313	-0.478		
	<i>p</i>	0.308	0.548	0.096	0.452	0.735	0.141	0.222	0.061		
QE brut	Pearson	-0.177	-0.174	-0.051	-0.402	0.007	0.064	-0.101	-0.112		
	<i>p</i>	0.483	0.491	0.840	0.098	0.981	0.806	0.699	0.680		
EC brut	Pearson	-0.046	-0.266	0.146	-0.330	0.247	0.276	0.017	-0.022		
	<i>p</i>	0.855	0.286	0.564	0.181	0.376	0.284	0.947	0.937		
PT brut	Pearson	0.111	-0.151	0.074	-0.436	0.103	0.011	0.022	-0.052		
	<i>p</i>	0.660	0.549	0.770	0.071	0.714	0.967	0.934	0.847		
QIV	Pearson	-0.047	-0.186	-0.401	0.007	0.317	-0.071	0.060	-0.199		
	<i>p</i>	0.853	0.459	0.099	0.978	0.250	0.788	0.818	0.459		
QIP	Pearson	0.044	0.262	-0.580*	0.272	0.036	0.440	0.298	0.108		
	<i>p</i>	0.861	0.294	0.012	0.274	0.898	0.077	0.246	0.689		
QI	Pearson	0.013	0.057	-0.568*	0.182	0.210	0.243	0.215	-0.040		
	<i>p</i>	0.960	0.822	0.014	0.470	0.452	0.348	0.408	0.884		
KDEF-tristesse	Pearson	-0.071	0.001	-0.374	-0.238	0.046	0.406	0.144	0.209		
	<i>p</i>	0.779	0.997	0.127	0.342	0.871	0.106	0.581	0.436		

		HbR									
		<i>Jeunes</i>					<i>Âgés</i>				
Épreuve	Corrélation	KDEF b1	KDEF b3	RME b1	RME b2	KDEF b1	KDEF b3	RME b1	RME b2	RME b1	RME b2
KDEF-neutre	Pearson	-0.341	-0.093	-0.158	0.047	0.045	0.217	0.371	0.137		
	<i>p</i>	0.166	0.714	0.531	0.852	0.872	0.403	0.142	0.612		
KDEF-joie	Pearson	-0.380	-0.017	-0.182	-0.467	0.199	0.242	0.416	0.011		
	<i>p</i>	0.120	0.947	0.471	0.051	0.477	0.350	0.096	0.967		
RME +	Pearson	-0.136	0.034	0.042	-0.292	-0.327	-0.168	-0.358	0.044		
	<i>p</i>	0.592	0.895	0.869	0.240	0.234	0.519	0.158	0.870		
RME -	Pearson	0.200	0.426	-0.184	0.462	0.010	-0.680**	-0.074	0.179		
	<i>p</i>	0.427	0.078	0.465	0.054	0.973	0.003	0.777	0.507		

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

ANNEXE H

Latéralisation des activations

Tableau 8.1 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO² pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=négative ; b2=neutre ; b3=positive ; c=contrôle) de la tâche *KDEF*

PAIRES	BLOC1 (negative)		BLOC2 (neutre)		BLOC3 (positive)		CONTRÔLE	
	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés
PAIRES 2-3	1.351	0.896	-0.532	0.355	0.141	-0.013	-0.514	-0.069
	(2.234)	(1.379)	(1.167)	(0.751)	(1.809)	(0.902)	(1.058)	(0.555)
PAIRES 7-8	1.574	0.933	-0.445	0.284	0.124	0.056	-0.432	-0.098
	(1.894)	(1.223)	(1.098)	(0.806)	(1.601)	(1.258)	(1.172)	(0.464)
PAIRES 1-4	1.148	0.997	-0.310	0.195	0.261	-0.012	-0.445	-0.022
	(1.84)	(1.644)	(0.764)	(0.616)	(1.424)	(1.09)	(0.89)	(0.481)
PAIRES 5-6	1.204	0.816	-0.232	0.215	0.327	-0.077	-0.594	-0.187
	(1.817)	(1.872)	(0.848)	(0.819)	(1.57)	(1.081)	(0.854)	(0.495)

À noter que les données brutes (moyennes et écarts-types) de HbO² ont été multipliées par la constante 100000 afin d'en faciliter la représentation

Figure 8.1 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO^2 pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=négative; b2=neutre; b3=positive, c=contrôle) de la tâche *KDEF*

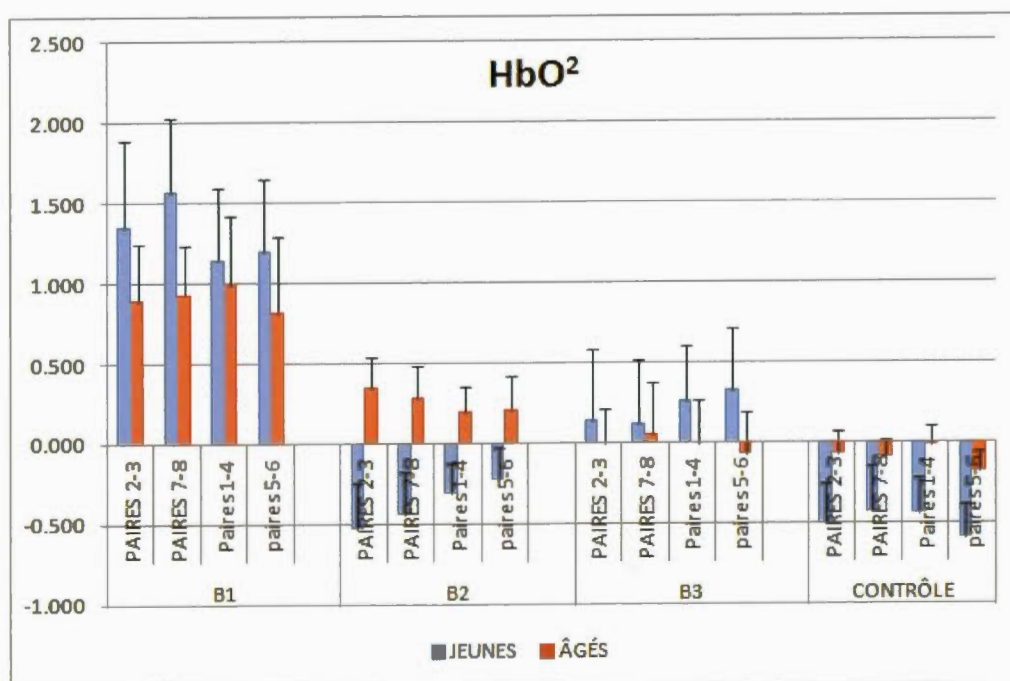


Tableau 8.2 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=négative ; b2=neutre ; b3=positive ; c=contrôle) de la tâche KDEF

PAIRES	BLOC1 (negative)		BLOC2 (neutre)		BLOC3 (positive)		CONTRÔLE	
	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés
PAIRES	-0.264	0.146	0.026	0.027	-0.201	0.143	0.179	0.039
2-3	(0.647)	(0.542)	(0.537)	(0.117)	(0.511)	(0.263)	(0.485)	(0.299)
PAIRES	-0.218	-0.019	0.093	0.012	-0.123	0.124	0.187	0.064
7-8	(0.570)	(0.288)	(0.378)	(0.184)	(0.572)	(0.275)	(0.415)	(0.234)
PAIRES	-0.124	0.534	0.104	-0.053	-0.098	0.005	0.187	0.049
1-4	(0.486)	(1.017)	(0.352)	(0.274)	(0.488)	(0.274)	(0.512)	(0.23)
PAIRES	-0.118	0.081	0.050	0.016	-0.166	-0.090	0.146	-0.005
5-6	(0.537)	(0.48)	(0.388)	(0.268)	(0.568)	(0.469)	(0.408)	(0.359)

À noter que les données brutes (moyennes et écarts-types) de HbR ont été multipliées par la constante 100000 afin d'en faciliter la représentation

Figure 8.2 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=négative ; b2=neutre ; b3=positive ; c=contrôle) de la tâche *KDEF*

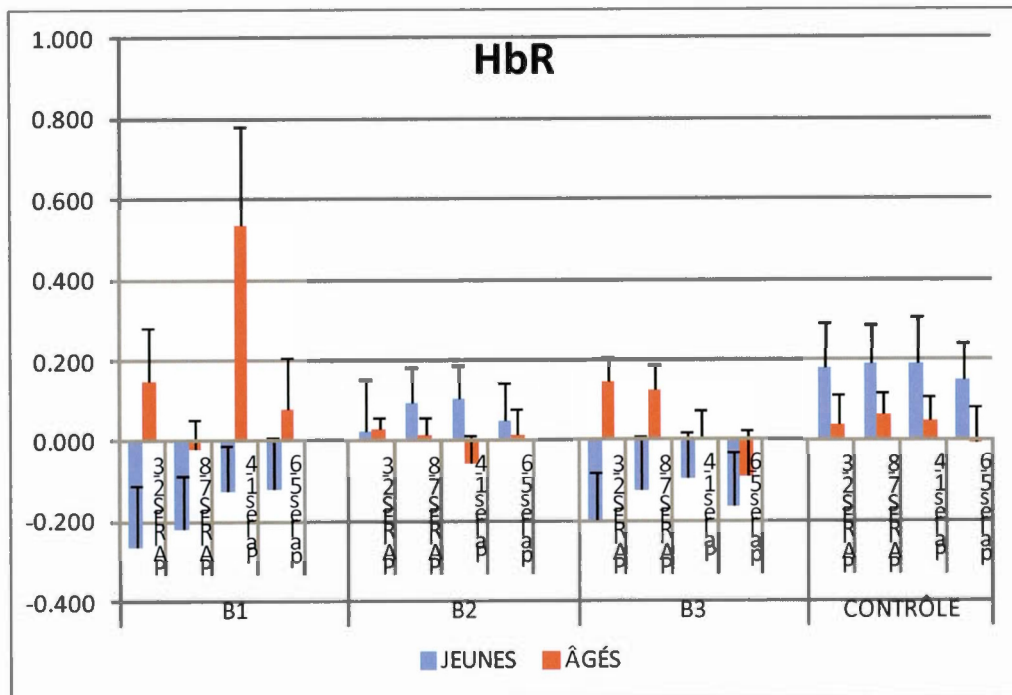


Tableau 8.3 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO^2 pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=positive ; b2=négative ; c=contrôle) de la tâche *RME*

PAIRES	B1		B2		CONTRÔLE	
	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés
PAIRES 2-3	0.428	0.781	-0.075	0.203	-0.187	0.264
	(1.686)	(0.992)	(1.438)	(0.671)	(1.094)	(0.923)
PAIRES 7-8	0.472	0.778	0.081	0.379	0.040	0.151
	(1.681)	(1.115)	(0.971)	(0.75)	(1.056)	(0.903)
PAIRES 1-4	0.442	0.685	-0.065	0.179	-0.206	0.296
	(1.244)	(0.891)	(1.184)	(0.791)	(0.881)	(0.626)
PAIRES 5-6	0.421	0.595	-0.091	0.201	-0.208	0.009
	(1.152)	(1.073)	(1.124)	(0.765)	(1.151)	(0.989)

À noter que les données brutes (moyennes et écarts-types) de HbO^2 ont été multipliées par la constante 100000 afin d'en faciliter la représentation

Figure 8.3 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbO^2 pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=positive ; b2=négative ; c=contrôle) de la tâche RME

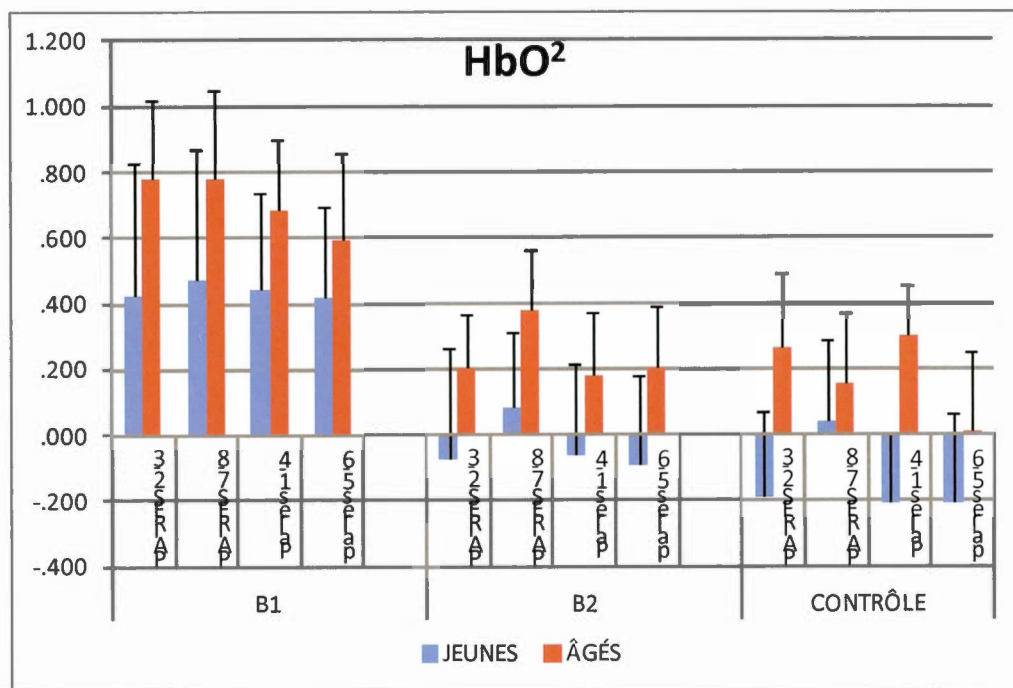
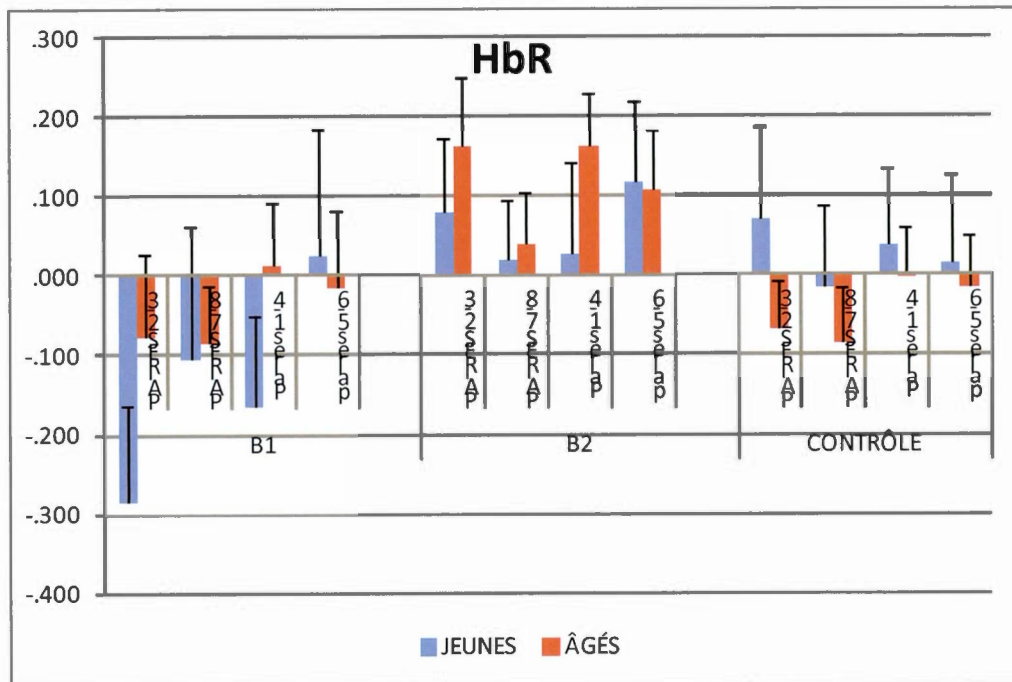


Tableau 8.4 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=positive ; b2=négative ; c=contrôle) de la tâche *RME*

PAIRES	B1		B2		CONTRÔLE	
	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés	Jeunes	Âgés
PAIRES 2-3	-0.284	-0.077	0.080	0.163	0.070	-0.067
	(0.503)	(0.428)	(0.388)	(0.359)	(0.499)	(0.248)
PAIRES 7-8	-0.105	-0.085	0.019	0.040	-0.014	-0.086
	(0.706)	(0.294)	(0.321)	(0.274)	(0.430)	(0.293)
PAIRES 1-4	-0.167	0.013	0.028	0.163	0.039	-0.001
	(0.474)	(0.323)	(0.487)	(0.280)	(0.414)	(0.247)
PAIRES 5-6	0.026	-0.017	0.117	0.108	0.015	-0.016
	(0.677)	(0.406)	(0.440)	(0.308)	(0.480)	(0.264)

Figure 8.4 Moyenne d'activation et Écarts-Types (ET) pour HbR pour les paires latérales (2-3 = HD, 7-8 = HG) et médianes (1-4 = HD, 5-6 = HG) selon chaque condition (b1=positive ; b2=négative ; c=contrôle) de la tâche RME



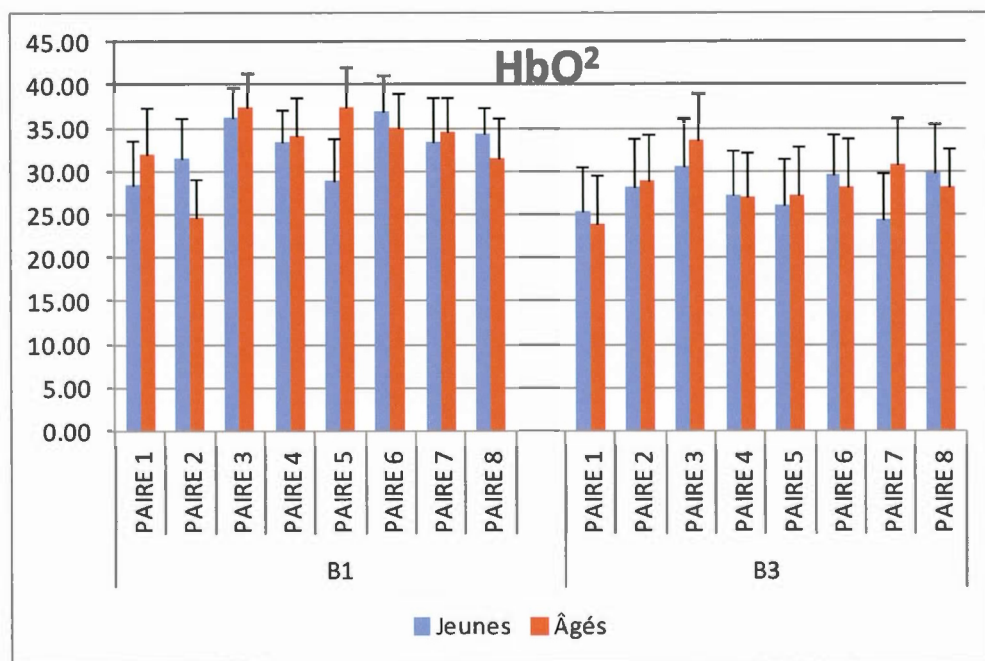
ANNEXE I

Latence d'activation maximale

Tableau 9.1 Moyenne et (écarts-type) pour chaque paire source-détecteur en fonction des différentes conditions de la tâche *KDEF* (B1=négative ; B2=neutre ; B3=positive ; Contrôle) pour la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO²

PAIRE	BLOC1 (négative)		BLOC2 (neutre)		BLOC3 (positive)		CONTRÔLE	
	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)	Jeunes (n = 18)	Âgés (n = 17)
PAIRE 1	28.37 (22.38)	31.90 (22.74)	21.00 (21.03)	28.09 (23.49)	25.27 (22.48)	24.05 (23.26)	17.16 (21.91)	19.37 (20.06)
PAIRE 2	31.52 (20.25)	24.73 (18.63)	13.73 (15.71)	26.64 (21.96)	28.17 (24.45)	29.00 (22.44)	14.67 (18.25)	22.87 (21.73)
PAIRE 3	36.2 (15.28)	37.35 (16.98)	25.66 (21.00)	36.04 (21.02)	30.58 (24.18)	33.56 (22.46)	18.53 (20.44)	28.62 (21.52)
PAIRE 4	33.36 (16.51)	34.06 (18.46)	25.23 (20.61)	34.64 (22.96)	27.25 (21.91)	26.98 (21.71)	16.33 (19.03)	25.36 (17.71)
PAIRE 5	28.88 (20.98)	37.30 (20.12)	18.41 (19.98)	27.73 (20.25)	25.99 (23.29)	27.21 (22.95)	11.23 (16.56)	16.39 (17.61)
PAIRE 6	37.04 (17.18)	35.06 (16.24)	25.96 (21.64)	35.98 (24.53)	29.51 (20.56)	28.29 (23.45)	16.31 (18.90)	26.68 (22.18)
PAIRE 7	33.44 (21.68)	34.62 (16.35)	18.30 (21.18)	30.13 (22.17)	24.44 (23.32)	30.69 (22.44)	12.62 (15.69)	21.53 (20.66)
PAIRE 8	34.42 (12.45)	31.58 (18.79)	31.19 (22.41)	32.36 (21.84)	29.93 (24.01)	28.24 (17.94)	22.73 (22.96)	27.54 (20.33)
TOTAL	32.90 (14.30)	33.31 (14.88)	22.43 (13.25)	31.45 (18.73)	27.64 (18.10)	28.51 (16.28)	16.20 (14.57)	23.54 (15.62)

Figure 9.1 Moyenne et (écarts-type) pour chaque paire source-détecteur en fonction des différentes conditions de la tâche *KDEF* (Bloc1= négative ; Bloc3 = positive) pour la latence avant qu'une amplitude maximale d'activation soit atteinte pour HbO^2



RÉFÉRENCES

- Adolphs, R. (2002). Neural systems for recognizing emotion. *Current opinion in neurobiology*, 12(2), 169-177.
- Adolphs, R., Tranel, D., Hamann, S., Young, A. W., Calder, A. J., Phelps, E. A., Anderson, A., Lee, G. P. & Damasio, A. R. (1999). Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage. *Neuropsychologia*, 37, 1111-1117.
- Aine, C. J., Woodruff, C. C., Knoefel, J. E., Adair, J. C., Hudson, D., Qualls, C., Bockholt, J., Best, E., Kovacevic, S., Cobb, W., Padilla, D., Hart, B. & Stephen, J. M. (2006). Aging: Compensation or Maturation? *NeuroImage*, 32, 1891-1904.
- Albinet, C. T., Mandrick, K., Bernard, P. L., Perrey, S. & Blain, H. (2014). Improved cerebral oxygenation response and executive performance as a function of cardiorespiratory fitness in older women: a fNIRS study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, 272.
- Alzheimer's Association (2015). Alzheimer's Disease Facts and Figures. *Alzheimer's & Dementia*, 11(3), 88 pages.
- Ansado, J., Marsolais, Y., Methqal, I., Alary, F. & Joannette, Y. (2013). The adaptive aging brain: evidence from the preservation of communication abilities with age. *European Journal of Neuroscience*, 37, 1887-1895.
- Axelrod, B. N., Ryan, J. J. & Ward, L. C. (2001). Evaluation of seven-subtest short forms of the Wechsler Adult Intelligence Scale-III in a referred sample. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 16, 1-8.
- Bailey, P. E., Henry, J. D. & Von Hippel, W. (2008). Empathy and social functioning in late adulthood. *Aging and Mental Health*, 12(4), 499-503.
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y. & Plumb, I. (2001). The "Reading the Mind in the Eyes" Test Revised Version: A Study with Normal Adults, and Adults with Asperger Syndrome or High-Functioning Autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42(2), 241-251.
- Baron-Cohen, S. & Wheelwright, S. (2004). The Empathy Quotient (EQ): An Investigation of Adults with Asperger Syndrome or High Functioning Autism,

- and Normal Sex Differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(2), 163-175.
- Bartholow, B. D., Sestir, M. A. & Davis, E. B. (2005). Correlates and Consequences of Exposure to Video Game Violence: Hostile Personality, Empathy, and Aggressive Behavior. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 31(11), 1573-1586.
- Bates, M. E. & Lemay, E. P. (2004). The d2 Test of Attention: Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10, 392-400.
- Batson, C. D., Fultz, J. & Schoenrade, P. A. (1987). Distress and empathy: Two qualitatively distinct vicarious emotions with different motivational consequences. *Journal of Personality* 55(1), 19-39.
- Berthoz, S., Wassa, M., Kedia, G., Wicker, B. & Grèzes, J. (2008). Cross-Cultural Validation of the Empathy Quotient in a French Speaking Sample. *The Canadian Journal of Psychiatry*, 53(6), 37-45.
- Bischof-Köhler, D. (1991). The Development of Empathy in Infants. Dans Lamb, M. E. & Keller, H. (Eds.). *Infant Development: Perspectives from German Speaking Countries*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 245-273
- Borod, J. C., Obler, L. K., Erhan, H. M., Grunwald, I. S., Cicero, B. A., Welkowitz, J., Santschi, C., Agosti, R. M. & Whalen, J. R. (1998). Right hemisphere emotional perception: Evidence across multiple channels. *Neuropsychology*, 12(3), 446-458.
- Brothers, L. (1989). A Biological Perspective on Empathy. *American Journal of Psychiatry*, 146(1), 10-19.
- Blair, R. J. R. (2005). Responding to the Emotions of Others: Dissociating Forms of Empathy Through the Study of Typical and Psychiatric Populations. *Consciousness and Cognition*, 4, 698-718.
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults: The HAROLD Model. *Psychology and Aging*, 17(1), 85-100.
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K. & McIntosh, A. R. (2002). Aging Gracefully: Compensatory Brain Activity in High-Performing Older Adults. *NeuroImage*, 17, 1394-1402.

- Calvo, M. G. & Lundqvist, D. (2008). Facial Expressions of Emotion (KDEF): Identification under Different Display-Duration Conditions. *Behavior Research Methods*, 40(1), 109-115.
- Canli, T., Desmond, J. E., Zhao, Z., Glover, G. & Gabrieli, J. D. E. (1998). Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI. *NeuroReport*, 9, 3233-3239.
- Cappell, K.A., Gmeindl, L. & Reuter-Lorenz, P. A. (2010). Age differences in prefrontal recruitment during verbal working memory maintenance depend on memory load. *Cortex* 46, 462-473.
- Carr, L., Iacoboni, M., Dubeau, M. C., Mazziorra, J. C. & Lenzi, G. L. (2003). Neural Mechanisms of Empathy in Humans: A Relay from the Neural Systems for Imitation to Limbic Areas. *Neuroscience*, 100(9), 5497-5502.
- Castelli, I., Baglio, F., Blasi, V., Alberoni, M., Falini, A., Liverta-Sempio, O. et. al. (2010). Effects of aging on mindreading ability through the eyes : An fMRI study. *Neuropsychologia*, 48, 2586-2594.
- Charbonneau, S., Scherzer, P. B., Aspirot, D. & Cohen, H. (2003). Perception and production of facial and prosodic emotions by chronic CVA patients. *Neuropsychologia* 41, 605-613.
- Charles, S. T., Mather, M., & Carstensen, L. L. (2003). Aging and emotional memory: the forgettable nature of negative images for older adults. *Journal of experimental psychology*, 132 (2), 310-324.
- Charlton, R. A., Barrick, T. R., Markus, H. S. & Morris, R. G. (2009). Theory of mind associations with other cognitive functions and brain imaging in normal aging. *Psychology and Aging*, 24 (2), 338-348.
- Chatelois, J. & Renaseau-Leclerc, C. (1980). Considérations neuropsychologiques sur le vieillissement normal et pathologique. *Santé Mentale au Québec*, 5(2), 41-58.
- Chen, Y.-C., Chen, C.-C., Decety, J. & Cheng, Y. (2014). Aging is associated with changes in the neural circuits underlying Empathy. *Neurobiology of Aging*, 35, 827-836.
- Craik, F. I. M. & Salthouse, T. A. (2008). The handbook of Aging and Cognition. Psychology Press (3rd Ed.): New York. 657 pages.

- Cui, X., Bray, S., Bryant, D. M., Glover, G. H. & Reiss, A. L. (2011). A quantitative comparison of NIRS and fMRI across multiple cognitive tasks. *NeuroImage*, 54, 2808-2821.
- Davidson, R. J., Putnam, K. M. & Larson, C. L. (2000). Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation – A possible prelude to violence. *Science*, 289, 591-594.
- Davis, M. H. (1980). A Multidimensional Approach to Individual Differences in Empathy. *Catalogue of Selected Documents in Psychology*, 10, 85-104.
- Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S. & Cabeza, R. (2008). Qué PASA? The posterior-anterior shift in aging. *Cerebral Cortex*, 18, 1201-1209.
- Decety, J. (2003). L'empathie ou l'émotion partagée. *Sciences Cognitives*, 309, 46-51.
- Decety, J. (2005). Une Anatomie de l'Empathie. *Psychologie et Neuropsychiatrie Cognitives*, 3(11), 16-24.
- Decety, J. (2006). Human Empathy. *Japanese Journal of Neuropsychology*, 22, 11-33.
- Decety, J. (2010). The Neurodevelopment of Empathy in Humans. *Developmental Neuroscience*, 32, 257-267.
- Decety, J. (2011). Dissecting the Neural Mechanisms Mediating Empathy. *Emotion Review*, 3(1), 92-108.
- Decety, J. (2011). The neuroevolution of empathy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1231, 35-45.
- Decety, J. & Jackson, P. L. (2004). The Functional Architecture of Human Empathy. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3(2), 71-100.
- Decety, J. & Lamm, C. (2006). Human Empathy Through the Lens of Social Neuroscience. *The Scientific World Journal*, 6, 1146-1163.
- Decety, J. & Svetlova, M. (2012). Putting together phylogenetic and ontogenetic perspectives on empathy. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(1), 1-24.
- de Waal, F. B. M. (2008). Putting the Altruism Back into Altruism: The Evolution of Empathy. *Annual Review of Psychology*, 59, 279-300.

- Düzel, E., Schutze, H., Yonelinas, A.P. & Heinze, H.J. (2011). Functional phenotyping of successful aging in long-term memory: preserved performance in the absence of neural compensation. *Hippocampus*, 21(8), 803-814.
- Eslinger, P. J. (1998). Neurological and neuropsychological Bases of Empathy. *European Neurology*, 39, 193-199.
- Eslinger, P. J., Parkinson, K. & Shamay, S. G. (2002). Empathy and Social-Emotional Factors in Recovery from Stroke. *Current Opinion in Neurology*, 15, 91-97.
- Field, A. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS statistics: and sex and drugs and rock'n'roll (4th Ed.). Los Angeles: Sage.
- Fletcher, P. C., Happé, F., Frith, U., Baker, S. C., Dolan, R. J., Frackowiak, R. S. J. & Frith, C. D. (1995). Other Minds in the Brain: A Functional Imaging Study of "Theory of Mind" in Story Comprehension. *Cognition*, 57, 109-128.
- Fusar-Poli, P., Placentino, A., Carletti, F., Landi, P., Abbamonte, M., Barale, F., Perez, J., McGuire, P. & Politi, P. L. (2009). Laterality effect on emotional faces processing : ALE meta-analysis of evidence. *Neuroscience letters*, 452, 262-267.
- Guilford, J. P. (1965). Fundamental statistics in psychology and education. New-York: McGraw-Hill, p.129.
- Grady, C. L., Maisog, J. M., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Mentis, M. J., Salerno, J. A., Pietrini, P. Wagner, E. & Haxby, J. V. (1994). Age-related changes in critical blood flow activation during processing of faces and location. *Journal of neuroscience*, 14, 1450-1462.
- Grattan, L. M., Bloomer, R. H., Archambault, F. X. & Eslinger, P. J. (1994). Cognitive Flexibility and Empathy after Frontal Lobe Lesion. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*, 7(4), 251-259.
- Grattan, L. M. & Eslinger, P. J. (1989). Higher Cognition and Social Behavior: Changes in Cognitive Flexibility and Empathy after Cerebral Lesions. *Neuropsychology*, 3, 175-185.
- Gray, J. R., Braver, T. S. & Raichle, M. E. (2002). Integration of emotion and cognition in the lateral prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(6), 4115-4120.

- Gregory, C., Lough, S., Stone, V., Erzinclioglu, S., Martin, L., Baron-Cohen, S. & Hodges, J. R. (2002). Theory of mind in patients with frontal variant frontotemporal dementia and Alzheimer's disease: theoretical and practical implications. *Brain*, 125, 752-764.
- Happé, F. G. E., Winnwe, E. & Brownell, H. (1998). The Getting of Wisdom: Theory of Mind in Old Age. *Developmental Psychology*, 34(2), 358-362.
- Hatfield, E., Rapson, R. L. & Le, Y-C. L. (1994). Emotional contagion. Dans Decety, J. & Ickes, W. (Eds.). *The social neuroscience of empathy*. Massachusetts: MIT press, 19-30.
- Haviland, J. M. & Lelwica, M. (1987). The Induced Affect Response: 10-Week-Old Infant's Responses to Three Emotion Expressions. *Developmental Psychology*, 23(1), 97-104.
- Hedden, T. & Gabrieli, J. D. E. (2004). Insights into the Aging Mind: A View from Cognitive Neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 87-97.
- Herrmann, M. J., Ehlis, A.-C. & Fallgatter, A. J. (2003). Prefrontal activation through task requirements of emotional induction measured with NIRS. *Biological Psychology*, 54, 255-263.
- Herrmann, M. J., Walter, A., Ehlis, A.-C. & Fallgatter, A. J. (2006). Cerebral oxygenation changes in the prefrontal cortex: Effects of age and gender. *Neurobiology of aging*, 27, 888-894.
- Hoffman, M. L. (1975). Developmental synthesis of affect and cognition and its implications for altruistic motivation. *Developmental Psychology*, 11, 607-622.
- Hogan, R. (1969). Development of an empathy scale. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 33, 307-316.
- Jabbi, M., Swart, M. & Keysers, C. (2009). Empathy for positive and negative emotions in the gustatory cortex. *Neuroimage*, 34, 1744-1753.
- Jackson, P. L., Meltzoff, A. N. & Decety, J. (2005). How do we Perceive the Pain of Others? A Window Into the Neural Processes Involved in Empathy. *NeuroImage*, 24, 771-779.
- Jackson, P. L., Rainville, P. & Decety, J. (2006). To What Extent do we Share the Pain of Others? Insight from the Neural Bases of Pain Empathy. *Pain*, 125, 5-

9.

- Jahoda, G. (2005). Theodor Lipps and the Shift from "Sympathy" to "Empathy". *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 41(2), 151-163.
- Jasper, H. A. (1958). The ten–twenty system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371–375.
- Kahlaoui, K., Di Sante, G., Barbeau, J., Maheux, M., Lesage, F., Ska, B. & Joannette, Y. (2012). Contribution of NIRS to the study of prefrontal cortex for verbal fluency in aging. *Brain & Language*, 121(2), 164-173.
- Keys, B. A. & White, D. A. (2000). Exploring the relationship between age, executive abilities, and psychomotor speed. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 76-82.
- Killgore, W. D. S. & Yurgelun-Todd, D. A. (2007). The right hemisphere and valence hypotheses: could they both be right (and sometimes left)? *Scan*, 2, 240-250.
- Köchel, A., Plichta, M. M., Schäfer, A., Leutgeb, V., Scharmüller, W., Fallgatter, A. J. & Schienle, A. (2011). Affective perception and imagery: A NIRS study. *International Journal of psychophysiology*, 80, 192-197.
- Kortte, K. B., Horner, M. D. & Windham, W. K. (2002). The trail making test, Part B: cognitive flexibility or ability to maintain set? *Applied Neuropsychology*, 9(2), 106-109.
- Kovelman, I., Shalinsky, M. H., Berens, M. S. & Petitto, L.-A. (2008). Shining new light on the brain's Bilingual Signature: A functional Near Infrared Spectroscopy investigation of semantic processing. *NeuroImage*, 39(3), 1457-1471.
- Kowalczyk, A., McDonald, S., Cranney, J. & McMahon, M. (2001). Cognitive Flexibility in the Normal Elderly and in Persons with Dementia as Measured by the Written and the Oral Trail Making Tests. *Brain Impairment*, 2(1), 11-21.
- Kurth, C. D. & Uher, D. (1997). Cerebral Hemoglobin and Optical Pathlength Influence Near Infrared Spectroscopy Measurement of Cerebral Oxygen Saturation. *Anesthesia Analogues*, 84, 1297-1305.
- Kwee, I. L. & Nakada, T. (2003). Dorsolateral prefrontal lobe activation declines

- significantly with age. *Journal of Neurology*, 250, 525-529.
- Lamm, C., Batson, D. & Decety, J. (2007). The Neural Substrate of Human Empathy: Effects of Perspective Taking and Cognitive Appraisal. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(1), 42-58.
- Leslie, A. M. (1987). Pretense and representation: The origins of theory of mind. *Psychological Review*, 94, 412-426.
- Levine, B., Freedman, M., Dawson, D., Black, S. & Stuss, D. T. (1999). Ventral Frontal Contribution to self-regulation: convergence of episodic memory and inhibition. *Neurocase*, 5, 263-275.
- Lezak, M. D. (2004). *Neuropsychological Assessment*. (4th Ed.). Oxford University Press, Inc : New-York.
- Lockenhoff, C. E. & Carstensen, L. L. (2004). Socioemotional selectivity theory, aging and health: the increasingly delicate balance between regulating emotions and making tough choices. *Journal of Personality*, 72, 1395-1424.
- Lu, H., Xu, F., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Cheng, Y., Flicker, B., et. al. (2011). Alterations in Cerebral Metabolic Rate and Blood Supply across the Adult Lifespan. *Cerebral Cortex*, 21, 1426-1434.
- MacPherson, S. E., Phillips, L. H. & Della Sala, S. (2002). Age, Executive Function, and Social Decision Making : A dorsolateral prefrontal theory of cognitive aging. *Psychology and Aging*, 17 (4), 598-609.
- Mather, M. (2016). The affective neuroscience of aging. *Annual Review of Psychology*, 67, 213-238.
- Mather, M., & Carstensen, L. L. (2005). Aging and motivated cognition: the positivity effect in attention and memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 9 (10), 496-502.
- Maylor, E. A., Moulson, J. M., Muncer, A.-M. & Taylor, L. A. (2002). Does performance on theory of mind tasks decline in old age? *British Journal of Psychology*, 93, 465-485.
- McDonald, N., & Messinger, D. (2011). The development of empathy: How, when, and why. Dans A. Acerbi, J. A. Lombo, & J. J. Sanguinetti (Éds). *Free will, Emotions, and Moral Actions: Philosophy and Neuroscience in Dialogue*. In-Press.

- Mehrabian, A. & Epstein, N. (1972). A Measure of Emotional Empathy. *Journal of Personality*, 40(4), 525-43.
- Minagawa-Kawai, Y., Naoi, N., Kikuchi, N., Yamamoto, J., Nakamura, K., & Kojima, S. (2009). Cerebral laterality for phonemic and prosodic cue decoding in children with autism. *Neuroreport*, 20, 1219–1224.
- Müller, L. D., Guhn, A., Zeller, J. B., Biehl, S. C., Dresler, T., Hahn, T., et al. (2014). Neural correlates of a standardized version of the trail making test in young and elderly adults: a functional near-infrared spectroscopy study. *Neuropsychologia* 56, 271-279.
- Nasreddine, Z. S., Philips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., et al. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53, 695-699.
- O'Brien, E., Konrath, S. H., Grühn, D. & Hagen, A. L. (2012). Empathic concern and perspective taking: Linear and quadratic effects of age across the adult life span. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, doi: 10.1093/geronb/gbs055.
- Ochsner, K. N., Ray, R. R., Hughes, B., McRae, K., Cooper, J. C., Weber, J., Gabrieli, J. D. E. & Gross, J. J. (2009). Bottom-Up and Top-Down Processes in Emotion Generation : common and distinct neural mechanisms. *Psychological Science* 20(11), 1322-1331.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Pardini, M. & Nichelli, P. F. (2009). Age-Related Decline in Mentalizing Skills Across Adult Life Span. *Experimental Aging Research*, 35(1), 98-106.
- Park, D. C., Polk, T. A., Mikels, J. A., Taylor, S. F. & Marshuetz, C. (2001). Cerebral Aging: Integration of Brain and Behavioral Models of Cognitive Function. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 3(3), 151-165.
- Park, H. L., O'Connell, J. E. & Thomson, R. G. (2003). A Systematic Review of Cognitive Decline in the General Elderly Population. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 18, 1121-1134.
- Philips, L. H., MacLean, R. D. J. & Allen, R. (2002). Age and the Understanding of Emotions: Neuropsychological and Sociocognitive Perspectives. *Journal of*

Gerontology, 57B(6), 526-530.

- Preston, S. D. & de Waal, F. B. M. (2002). Empathy: Its Ultimate and Proximate Bases. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(1), 1-71.
- Pudas, S., Persson, J., Josefsson, M., de Luna, X., Nilsson, L. G. & Nyberg, L. (2013). Brain characteristics of individuals resisting age-related cognitive decline over two decades. *Journal of neuroscience*, 33(20), 8668-8677.
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., Dahle, C., Gerstorf, D. & Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults: general trends, individual differences and modifiers. *Cerebral Cortex*, 15, 1676-1689.
- Reuter-Lorenz, P. A. & Lustig, C. (2005). Brain Aging: Reorganizing Discoveries About the Aging Mind. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 245-251.
- Richter, N., Allendorf, I., Onur, O. A., Kracht, L., Dietlein, M., Tittgemeyer, M., et. al. (2014). The integrity of the cholinergic system determines memory performance in healthy elderly. *Neuroimage*, 100, 481-488.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L. & Gallese, V. (2001). Neurophysiological Mechanisms Underlying the Understanding and Imitation of Action. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 661-670.
- Robert, P. (1991). *Le Petit Robert 1, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française*. Les dictionnaires Le Robert (Éds) : Paris (France), p. 629.
- Rogers, C. R. (1975). Empathic: An Unappreciated Way of Being. *The Counseling Psychologist*, 5, 2-10.
- Sagi, A. & Hoffman, M. L. (1976). Empathic distress in the newborn. *Developmental Psychology*, 12, 175-176.
- Salthouse, T. A. (2000). Aging and measures of processing speed. *Biological Psychology*, 54, 35-54.
- Salthouse, T. A. (2004). What and When of Cognitive Aging. *Current Directions in Psychological Science*, 13(4), 140-144.
- Salthouse, T. A. & Prill, K. A. (1987). Inferences about Age Impairments in Inferential Reasoning. *Psychology and Aging*, 2(1), 43-51.

- Saltzman, J., Strauss, E., Hunter, M. & Archibald, S. (2000). Theory of mind and executive functions in normal aging and Parkinson's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 6, 781-788.
- Scherer, L. C., Fonseca, R. P., Giroux, F., Senhadji, N., Marcotte, K., Tomitch, L. M. B., Benali, H., Lesage, F., Ska, B. & Joanne, Y. (2012). Neurofunctional reorganization underlying narrative discourse processing in aging : Evidence from fNIRS. *Brain & Language*, 121, 174-184.
- Schliebs, R. & Arendt, T. (2011). The cholinergic system in aging and neuronal degeneration. *Behavioral Brain Research*, 221, 555-563.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2001). E-Prime User's Guide. Pittsburgh:Psychology Software Tools, Inc.
- Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2001). E-Prime Reference Guide. Pittsburgh:Psychology Software Tools, Inc.
- Shamay-Tsoory, S. G., Aharon-Peretz, J. & Perry, D. (2009). Two systems for empathy: a double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions. *Brain*, 132, 617-627.
- Shamay-Tsoory, S. G., Tomer, R., Berger, B. D. & Aharon-Peretz, J. (2003). Characterization of Empathy Deficits Following Prefrontal Brain Damage: The Role of the Right Ventromedial Prefrontal Cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(3), 324-337.
- Shamay-Tsoory, S. G., Tomer, R., Goldsher, D., Berger, B. D. & Aharon-Peretz, J. (2004). Impairment in Cognitive and Affective Empathy in Patients with Brain Lesions: Anatomical and Cognitive Correlates. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(8), 1113-1127.
- Singer, T., Critchley, H. D. & Preuschoff, K. (2009). A common role of insula in feelings, empathy and uncertainty. *Trends in cognitive sciences*, 13(8), 334-340.
- Simner, M. L. (1971). Newborn's response to the cry of another infant. *Developmental Psychology*, 5, 136-150.
- Slessor, G., Phillips, L. H. & Bull, R. (2007). Exploring the Specificity of Age-Related Differences in Theory of Mind Tasks. *Psychology and Aging*, 22(3), 639-643.

- Spaniol, J., Voss, A., & Grady, C. L. (2008). Aging and emotional memory: Cognitive mechanisms underlying the positivity effect. *Psychology and Aging, 23* (4), 859-872.
- Spiro, H. (1992). What is empathy and can it be taught? (Abstract). *Annals of Internal Medicine, 116*(10), 843-846.
- Spreen, O. & Strauss, E. (1998). A compendium of neuropsychological tests (2nd Ed.). New-York : Oxford University Press.
- Stren, Y. (2009). Cognitive Reserve. *Neuropsychologia, 47*, 2015-2028.
- Sze, J. A., Gyurak, A., Goodkind, M. S. & Levenson, R. W. (2012). Greater Emotional Empathy and Prosocial Behaviour in Late Life. *Emotion, 12*(5), 1129-1140.
- Toronov, V., Webb, A., Choi, J. H., Wolf, M., Michalos, A., Gratton, E., et al. (2001). Investigation of human brain hemodynamics by simultaneous near-infrared spectroscopy and functional magnetic resonance imaging. *Medical Physics, 28*, 521-527.
- Wang, L. Y., Murphy, R. R., Hanscom, B., Li, G., Millard, S. P., Petrie, E. C., Galasko, D. R., Sikkema, C., Raskind, M. A., Wilkinson, C. W. & Peskind, E. R. (2013). Cerebrospinal fluid norepinephrine and cognition in subjects across the adult age span. *Neurobiology of aging, 34*, 2287-2292.
- Ward, C. L. (1990). Prediction of Verbal, Performance and Full-Scale IQs from Seven Subtests of the WAIS-R. *Journal of Clinical Psychology, 46*(4), 436-440.
- Wechsler, D. (1997a). *Wechsler Adult Intelligence Scale*. (Third Edition). San Antonio: The Psychological Corporation.
- Wecker, N. S., Kramer, J. H., Hallam, B. J. & Delis, D. C. (2005). Mental flexibility: Age effects on switching. *Neuropsychology, 19*(3), 345-352.
- Wymer, J. H., Ryals, K. & Wagner, M. T. (2003). Utility of a clinically derived abbreviated form of the WAIS-III. *Archives of Clinical Neuropsychology, 18*, 917-927.
- Zahn-Waxler, C., Radke-Yarrow, M., Wagner, E., & Chapman, M. (1992). Development of Concern for Others. *Developmental Psychology, 28*(1), 126-136.